ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Биолого-почвенный факультет

В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова,
К. Ш. Казеев, С. И. Колесников,
Р. В. Кузнецов

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Ростов-на-Дону
Издательство Южного федерального университета
2008

УДК 631.4:577.4:502.7
ББК 40.3
В 16

Ответственный редактор
доктор биологических наук, профессор ***Вальков В. Ф.***

Учебное пособие подготовлено и издано в рамках национального проекта «Образование» по «Программе развития федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет на 2007–2010 гг.»

Вальков В. Ф., Денисова Т. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И., Кузнецов Р. В.

В 16 Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, Р. В. Кузнецов. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 416 с.

ISBN 978-5-9275-0399-5

В монографии анализируются факторы и условия плодородия почв, приводятся экологические требования к почвам сельскохозяйственных растений, возделываемых в России и за рубежом.

Адресована студентам, аспирантам и специалистам в области сельского хозяйства, почвоведения, агрохимии, биологии, землеустройства и агроэкологии и др.

ISBN 978-5-9275-0399-5 **УДК 631.4:577.4:502.7**
ББК 40.3

© Коллектив авторов, 2008
© Оформление. Макет. Издательство Южного федерального университета, 2008

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 6

1. БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКОЕ ПЛОДОРОДИЕ 10

1.1. Экологическая конкретность биогеоценотического плодородия почв 10

1.2. Плодородие почв лесных биогеоценозов 13

1.3. Плодородие почв травянистых биогеоценозов 23

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ 35

2.1. Виды и формы агроценотического плодородия почв 35

2.2. Экологическая конкретность плодородия почв 37

2.3. Связь плодородия почв с центрами происхождения культурных растений 39

3. ПЛОДОРОДИЕ КАК ОПТИМУМ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ГУМУСОМ И ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ 67

3.1. Гумус и плодородие почв 67

3.2. Элементный состав почв и его экологическое значение 80

3.3. Азотно-фосфорно-калийное питание растений как фактор плодородия почв 85

3.4. Тяжелые металлы в почвах 90

3.5. Радиоактивные элементы в почвах 98

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ 110

4.1. Гранулометрический состав почвенной массы 110

4.2. Обменная поглотительная способность почв 120

4.3. Реакция почвенной среды (pH) 122

4.4. Солонцеватость почв 129

4.5. Засоленность почв 132

4.6. Карбонатность и выщелоченность почв 142

4.7. Неспецифические органические соединения и биологическая активность почв 148

4.8. Применение показателей ферментативной активности в целях мониторинга и диагностики почв Юга России 155

5. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ: обеспеченность растений водой и воздухом 165

5.1. Мощность почв и корнеобитаемой толщи 165

5.2. Вода в почвах 186

5.3. Газовая фаза и аэрация почв 198

5.4. Структура почв 203

5.5. Плотность почв 206

5.6. Грунтовые воды и их экологическая значимость 213

6. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ 218

6.1. Формирование плодородия почв агроценозов 218

6.2. Культура земледелия и уровень социально-экономического развития общества 222

6.3. Ретроспективный анализ урожайности зерновых культур на Северном Кавказе 227

6.4. Агрохимическая и зеленая революции – основа резкого подъема плодородия почв 229

6.5. О соотношении количества и качества урожая 230

7. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР 243

7.1. Хлеба 1-й группы: пшеница, ячмень, рожь, овес 243

7.2. Хлеба 2-й группы (просовидные): кукуруза, просо, сорго, рис, гречиха 256

7.3. Зерно-бобовые культуры: горох, соя, фасоль, нут 269

8. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ МАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ: подсолнечник, клещевина, горчица, арахис, сафлор, кунжут 276

9. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР: кориандр, анис, тмин, мята перечная, шалфей мускатный, лаванда, роза эфиромасличная 289

10. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ПРЯДИЛЬНЫХ КУЛЬТУР: хлопчатник, лен, конопля 295

11. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ САХАРОНОСНЫХ И КРАХМАЛОНОСНЫХ КУЛЬТУР: сахарная свекла, сахарный тростник, картофель, батат, маниок, ямс 302

12. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР: арбуз, дыня, тыква 314

13. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ТАБАКА И МАХОРКИ 318

14. ТРЕБОВАНИЯ К ПОЧВАМ КОРМОВЫХ ТРАВ 323

14.1. Бобовые травы: люцерна, клевер, эспарцет, донник, лядвенец, вика 324

14.2. Злаковые травы: тимофеевка, овсяница, ежа, житняк, костер, пырей, суданская трава 333

15. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ МНОГОЛЕТНИХ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ 339

15.1. Плодовые семечковые культуры: яблоня, груша, айва 339

15.2. Плодовые косточковые культуры: слива, вишня, черешня, абрикос, алыча, персик 348

15.3. Орехоплодные культуры: грецкий орех, фундук 354

16. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ВИНОГРАДА 357

17. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЧАЯ И СУБТРОПИЧЕСКИХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР 373

17.1. Чай 373

17.2. Субтропические плодовые культуры: цитрусовые, инжир, гранат, хурма, фейхоа 375

18. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦИКЛОВ ЛУНЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР 378

ПРИЛОЖЕНИЕ 380

ЛИТЕРАТУРА 393

ВВЕДЕНИЕ

Почвы представляют собой сложную особую биокосную оболочку земного шара, покрывающую сушу материков. Горные породы, подвергаясь воздействию многих поколений живых организмов, испытывая длительное влияние атмосферы и гидросферы, преображаются в почвенный покров. Почвы имеют особый органоминеральный состав. В процессе почвообразования происходит накопление гумуса и других сложных органических соединений. Почвы обогащаются также биогенными вторичными алюмосиликатными и силикатными минералами, биофильными элементами и, таким образом, приобретают специфическое свойство – плодородие. Как следствие плодородия, почвенный покров обладает способностью обеспечивать рост и продуктивность растений, т. е. производить фитомассу. Это свойство почвы служит основным условием продуктивности фитоценозов и сельского хозяйства со всеми его отраслями.

В современном почвоведении принято следующее определение почвы. ***Почва*** *– это обладающая плодородием сложная полифункциональная и поликомпонентная открытая многофазная система в поверхностном слое коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени.* Полифункциональность почвы заключается в том, что она является одновременно природным телом, средой обитания многих живых организмов, средством сельскохозяйственного производства и т. д. Поликомпонентность почвы определяется огромным разнообразием входящих в ее состав органических и неорганических веществ. Эти вещества представлены различными физическими фазами (многофазность): твердой (минеральные и органические частицы), жидкой (почвенный раствор), газообразной (почвенный воздух) и особо выделяемой живой фазой (организмы). Почва является открытой системой, поскольку постоянно обменивается веществом и энергией с окружающей ее средой.

В почвах происходят различные явления очень интенсивного разрушения сложных химических соединений как органической, так и минеральной природы. Результатом всех биологических превращений органических веществ растительных, животных остатков и почвенного гумуса является их минерализация, т. е. переход в почвенные растворы простых химических соединений,

солей, кислот. Минерализация сопровождается выделением углекислого газа и воды. Разрушаются также силикатные и алюмосиликатные минералы, которые достались в наследство почве от материнской породы. В биосфере вряд ли можно найти еще место, где биогеохимические процессы разрушения веществ разной природы проходят столь интенсивно.

Соотношение химических элементов в живом веществе и горных породах различно. В почвах постоянно аккумулируются, одновременно закрепляются и переходят в подвижное состояние химические элементы, обеспечивающие жизнь. Важнейшая особенность почвы, основа ее плодородия – избирательное оптимальное присутствие необходимых для жизни элементов в почвенных горизонтах, где сосредотачивается основная масса корневых систем фитоценоза. Это возможно только при участии живых организмов и, главным образом, растений. Их корни ищут эти элементы глубоко в породах, перехватывают каждую частицу вещества, необходимого для жизни. Нежные корневые волоски смогут выбрать нужный химический элемент, они его поглотят, усвоят. В этом заключается важнейшая закономерность биологического поглощения, здесь начинается великолепный процесс биологической аккумуляции химических элементов жизни.

Растения, накапливая в своем веществе элементы-биофилы, затем передают их почвенному гумусу и другим соединениям, тем самым постоянно улучшая среду своего обитания. Почвы с гумосферой, представляющей генетические горизонты A_o – лесная подстилка или степной войлок, A_oA_1 – грубогумусовый аккумулятивный и А – гумусово-аккумулятивный, закрепляют нужные для жизни химические элементы и становятся начальным звеном последующего усвоения и миграции этих элементов по цепям питания многих групп организмов. Но, в конце концов, они снова приходят к почве.

Разнообразие жизни на планете Земля зависит от широкой неоднородности биоклиматических условий. Приток солнечной энергии на земной поверхности изменяется от 5 °С в полярных областях до 14 000 °С в тропиках, если этот приток солнечной энергии выразить в среднегодовой сумме температур выше +10 °С, как это чаще всего делают географы-агробиологи. Количество выпадающих осадков также меняется в пределах от 5 мм, например в некоторых частях Сахары, до 14 000 мм в предгорьях Гималаев. Такая неоднородность биоклиматических условий в сочетании с геоморфологическим разнообразием поверхности Земли опре-

деляет сложное переплетение жизненных процессов и явлений физического, химического и иного преобразования литосферы. Формируют широкое разнообразие почв, часто резко контрастных по своему строению и качествам. *Но все почвы объединяет общее свойство – плодородие.*

***Плодородие** – это способность почвы удовлетворять потребность конкретных растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы воздухом и теплом.* Питание, вода, воздух, тепло – главнейшие слагаемые плодородия почв. *Здесь необходимо подчеркнуть следующее. Под почвенным питанием понимается обеспечение растений минеральными формами P, K, Ca, Mg, Na и практически всеми другими химическими элементами, имеющимися в природе.* В то же время основная масса живого вещества планеты построена из химических элементов, имеющих атмосферное происхождение. Ведущие компоненты атмосферы: N_2, CO_2, H_2O – это газы. Именно из них строятся органические вещества живых организмов, в которых по массе господствуют C, O, H, N. Академик В. И. Вернадский подчеркивал, что «...почти все вещества организмов создаются из газов. Еще ярче эта связь выражена в факте, что все земные газы (исключая вулканические эманации) так или иначе связаны с организмами и процессами жизни».

Кислород – продукт фотосинтеза растений. Весь кислород атмосферы происходит из молекул воды. Вода тоже предоставляет живым организмам водород. Кислород и углерод живого вещества происходят из углекислоты. CO_2 при, в общем-то, незначительном содержании в атмосфере (0,03 %) – фундамент всей жизни планеты. «Без угольной кислоты не было бы жизни», – пишет В. И. Вернадский. Далее отмечает: «Зеленая растительность перерабатывает и поглощает главным образом углекислоту, происходящую от дыхания почвы. Дыхание почвы есть биохимический процесс, связанный с выделением углекислоты бактериями, почвенной микрофауной и грибами».

Первоисточник H_2O – соленые воды Океана. Однако вся пресная вода, без которой немыслима жизнь, имеет атмосферное происхождение. Это не что иное, как конденсированная из газообразного состояния атмосферная влага. Среднее ее содержание в атмосфере около 3 %.

Наконец, азот как компонент живых организмов имеет атмосферное происхождение, хотя и усваивается в большинстве своем из минеральных соединений почвы. В минеральных породах ли-

тосферы азота не было. Организмы, фиксирующие азот из атмосферы, обогащают им почву.

Таким образом, атмосферу можно представить как относительно инертное азотное вместилище, в котором энергично циркулируют O_2, CO_2, H_2O. Циркуляция этих газов – часть, причем господствующая по массе, биологического круговорота веществ и энергии, охватывающего всю нашу планету Земля и обеспечивающего биосфере стабильное состояние многие и многие тысячелетия.

Почва считается плодородной, если растения на ней не страдают от холода и перегрева, а корневые системы получают в нужном количестве элементы питания, воду, не испытывают недостатка в кислороде воздуха. Недостаток или избыток одного из слагаемых компонентов плодородия ограничивает возможности получения урожая и часто приводит к гибели растений.

Плодородие почвы – интегрирующая системная способность почвенных процессов и свойств с заложенным в нем результатом длительного периода почвообразования, это многопараметрные свойства, включающие как количественные, так и качественные характеристики, отражающие особенности функционирования конкретной почвы, ее внутреннюю структуру и внешние связи.

В многогранном понятии плодородия каждая его составляющая важна и незаменима. А поэтому не следует искать главное. Выделим лишь крайне разносторонние функции живого и мертвого органического вещества, продуктов жизнедеятельности, трансформации органических соединений, их минерализации и новообразования, где вещественно и энергетически преобладает фотосинтез зеленых растений. В этой сложнейшей цепи круговорота и превращения материи выделяется группа специфических органических соединений почвы – ее гумус. Специфических потому, что они присущи в природе только почвам. От возникновения гумуса, цикла его существования и исчезновения (минерализации) зависит разностороннее явление – плодородие почвы.

1. БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКОЕ ПЛОДОРОДИЕ

1.1. Экологическая конкретность биогеоценотического плодородия почв

Классическое определение понятия плодородия почвы не подлежит сомнению: плодородие – это способность почвы удовлетворять потребности конкретных растений в элементах питания, воде, воздухе и тепле. Однако при анализе проблемы плодородия необходимо четко разделять два подхода:

1. Почва – компонент биогеоценоза, составная часть ландшафта и одновременно самостоятельное естественно-историческое образование на поверхности суши Земли. В этом случае почва рассматривается как биогеоценотическое понятие.
2. Почва – средство производства в сельском хозяйстве, орудие труда и предмет труда, создающие конкретные потребительские стоимости. В этом случае почва выступает как компонент агроценоза вместе с человеком его деятельностью, а плодородие рассматривается как агроценотическое понятие, как средство производства в сельском хозяйстве.

Представление о плодородии в этих двух случаях весома неоднозначны. Так уже сложилось в научном и практическом восприятии, но плодородие имеет прежде всего земледельческие аспекты, выражаемые в количестве и качестве урожая. Стало аксиомой положение: нет вообще плодородных почв, а есть почвы, конкретно плодородные для тех или иных растений (зерновые культуры, плодовые, виноград, картофель, рис и т. д.), В этой связи прочно укоренилось понятие о видах плодородия (потенциальное, эффективное, экономическое) и формах его появления (в урожайности сельскохозяйственных растений и в характеристиках почвенной массы).

В земледелии и почвоведении с давних времен феномен плодородие всегда приписывался почве, ее способности обеспечивать растения элементами питания, водой, воздухом и соответствовать экологическим особенностям возделываемых культур. Однако само плодородие почвы имеет биогеоценотическую природу и не мыслимо вне прошлых и настоящих связей с комплексом биологических процессов в их системной взаимосвязанной форме при ведущей вещественно-энергетической роли растительных организмов. Именно растения создают и затем поддерживают и используют плодородие,

объединяя весь комплекс окружающей среды, в том числе энергию фотосинтеза.

В естественных условиях плодородие почв неразрывно связано с соответствующим этим почвам биоценозом и является результатом развития природного почвообразовательного процесса. Единство компонентов биоценоза неминуемо ставит нас перед необходимостью оценить продуктивность биогеоценозов не только как результат почвенных условий, но и как экологические особенности растительных сообществ. В данном случае не почва и ее свойства определяют объем биомассы сообщества («урожай»), а само природное сообщество регулирует этот объем и поддерживает его на уровне эволюционно сложившегося равновесия составных частей биогеоценоза. Естественные биоценозы сами обеспечивают свойственную им продуктивность.

Понятие плодородия в применении к естественным условиям теряет агрономическое содержание, так как способность удовлетворять потребности растений в элементах питания присуща не только почве, но и самому биологическому сообществу. В ряде случаев эта функция почти полностью переходит к биоценозу (тайга, гилея), хотя первоосновой накопления элементов в биомассе все же остается почва и ее материнская порода.

Экологическая конкретность плодородия – глобальное явление, характерное не только для культурных растений, но и для фитоценозов в естественной среде. Почвенный компонент биогеоценоза формируется биотопом во взаимосвязи с абиотическими факторами и претерпевает в процессе генезиса сукцесионные изменения, как и сам биотоп, до квазиравновесного (климаксного) состояния, наиболее оптимального в конкретной ландшафтной обстановке.

Величайшее биогеоценотическое разнообразие природы, несомненно, обуславливает и естественное разнообразие почвенных условий с неодинаковыми и порой очень контрастными количественно-качественными характеристиками почвенной массы, но в целом отвечающими представлению о плодородной почве для конкретного биогеоценоза и его биотопа. Вот здесь ярко проявляется неоднозначность плодородия: то, что оптимально плодородно для одних фитоценозов, совершенно неблагоприятно для других. Конкретные примеры приведены в табл. 1.1.

Таким образом, биогеоценотическое плодородие имеет весьма разные формы проявления. Однако при всем многообразии его форм на суше возможно выделить две группы биогеоценозов, а именно,

лесные и травянистые биогеоценозы. Они отличаются специфичностью и противоположностью в аспектах плодородия почв, но единством оптимального жизнеобеспечения биоценозов всем необходимым. Лес и травянистая растительность в своих многочисленных формах являются основными типами биоценотического покрова Земли.

Таблица 1.1

Оптимальные характеристики почвенного плодородия для разных биогеоценозов

Биогеоценозы	Оптимум почвенных условий
Еловый лес тайги	Подзолистые глинисто-суглинистые почвы. В профиле почвы гумусовый горизонт A_1 всего 2–3 см. Реакция кислая, pH 4,5–5,5. Мощность корнеобитаемой толщи ограничена горизонтами A_1+B_1 (40–60 см). Крайне низкий потенциал почвенного питания: бедность соединениями азота, фосфора, минеральных элементов. Повышенная плотность массы почвы и почвообразующей породы. Высокий уровень плодородия для елового леса
Петрофитные разнотравно-типчаково-ковыльные степи Донецкого кряжа	Маломощные часто щебнистые черноземы меловых известняков, каменистых сланцев. Реакция среды щелочная (pH 7,5–8,6). Мощность корнеобитаемой толщи 40–70 см. Резкий дефицит влаги. Богатство зольными элементами при содержании гумуса около 3–4 %. Высокий уровень плодородия для петрофитного фитоценоза, насыщенного степными злаками
Обионово-петросимониевый с другими сочетаниями солянок и галофильных злаков	Солончак луговой. Содержание солей более 1 %, засоление хлоридно-сульфатное. Слабо выраженный гумусовый горизонт. Избыток легкорастворимых солей обеспечивает высокий уровень плодородия почвы для солончаковых фитоценозов
Разнотравно-дерновинно-злаковая степь	Чернозем обыкновенный. Мощный гумусовый горизонт (80–120 см), высокое содержание гумуса, нейтральная реакция среды, богатство зольными элементами. Высокий уровень плодородия почвы для разнотравно-злаковых фитоценозов
Сосняки бореального пояса	Подзолы иллювиально-железистые. Гумусовый горизонт не выражен. Рыхлая песчаная среда с количеством физической глины менее 10–15 %. Обилие первичных минералов, включая кварц. Кислая реакция среды (pH 4,5–5,5). Промытость почвы, бедность доступными для растений зольными элементами, азотом, фосфором. Высокий уровень плодородия для сосняков тайги
Тропическая гилея	Красные и желтые ферраллитные почвы. Бедность гумусовым веществом. Сильная промытость от подвижных форм азотного и минерального питания. Полная разрушенность первичной алюмосиликатной массы и обогащенность окислами алюминия и железа. Исключительно высокий уровень плодородия почвы для тропического дождевого леса.

В то же время, для многих растений естественного мира на суше Земли плодородной средой может быть и не почва, а другие объекты

географической среды. Достаточно упомянуть сфагновые верховые болота и роскошные эпифиты тропиков на высоких деревьях. В этих случаях минеральное питание поступает из атмосферы. Есть и другие примеры внепочвенного существования фитоценозов.

1.2. Плодородие почв лесных биогеоценозов

В современных условиях функционирования биосферы леса представляют незаменимое планетарное явление аккумуляции живого вещества и необходимых для жизни химических элементов, а также сохранения многовекового уровня стабильного газового баланса в атмосфере. Лесные сообщества в подавляющем большинстве имеют зональную природу: таежные леса бореального пояса, суббореальные широколиственные леса, многообразные формы лесных биогеоценозов субтропиков и тропиков. Однако все леса при их пространственной самодостаточности во многом едины.

Биоклиматический оптимум зональных лесов. При известном биологическом и экологическом многообразии лесных зон и биогеоценозов все леса имеют общие черты, обусловленные, прежде всего, температурными факторами и условиями увлажнения. Климатическое варьирование температурных условий функционирования лесных биогеоценозов простирается от субполярных областей до экваториальных тропиков. Однако ограничивающим фактором являются не сибирские континентально-морозные зимы, а недостаток тепла в летний вегетационный период. Убедительный пример этому безлесные пространства атлантически теплой Исландии и Фаррерских островов, где летом, при мягких зимах, средняя температура не превышает 10 °С. Это и есть температурный летний минимум распространения лесов.

Второй единый для лесов фактор биоклиматических условий – влажные типы климатов с преобладанием количества выпадающих осадков под эвапотранспирацией т. е. коэффициент естественного увлажнения в автоморфных условиях (без участия грунтовых вод) всегда более 1,0. Это определяет господство в почвах промывного водного режима и процессов выщелачивания тотального типа с нисходящей миграцией растворов солей щелочных и щелочно-земельных металлов и с развитием кислой реакции среды в почвенной массе.

Потенциальная бедность лесных почв. Свойства почвы, ее богатство в утилитарно-агрономическом смысле часто не совпадают с продуктивностью природных растительных сообществ.

Наблюдаются явные противоречия: крайне бедные, промытые, выщелоченные почвы служат субстратом для экстрапродуктивных биогеоценозов. Разительным примером этого служат постоянно влажные дождевые тропические леса на красных и желтых аллитных (ферраллитных) почвах. Гилеи по обилию биомассы и количеству растительного опада намного превосходят все природные растительные сообщества. Почвы же, на которых развиваются гилеи, настолько бедны элементами питания, что при вовлечении их в сельскохозяйственное производство едва может обеспечить получение трех–четырех удовлетворительных урожаев. Трудно представить с утилитарных крестьянских позиций, что аллитная масса почв гилей является весьма оптимальной средой для растений тропического пояса, плодородной средой, обеспечивающей экологический оптимум биоты.

В агрономическом плане малоплодородны и другие лесные почвы, особенно подзолы и мерзлотно-таежные почвы бореального пояса, красноземы и желтоземы субтропиков. Промытость, кислая среда, отсутствие или элементарность гумусового горизонта, фульватный тип гумуса – все это главные черты агрономической бедности почв или низкий уровень потенциального плодородия в общепринятом понимании. Несколько повышенным потенциальным плодородием выделяются бурые и серые лесные почвы суббореального пояса. Это широколиственные леса с большим запасом в биоценозах элементов минерального питания и способностью образовывать вполне сформированный гумусовый горизонт. Однако и эти почвы по сельскохозяйственному плодородию далеко отстоят от черноземов степей или бруниземов северо-американских прерий. Поселение травянистой растительности под пологом леса и развитие в лесных сообществах дернового процесса значительно повышают уровень потенциального агрономического плодородия, что характерно, например, для дерново-подзолистых и серых лесных почв.

Таким образом, лесные почвы крайне бедны элементами минерального питания. Однако в целом сами биоценозы леса содержат значительный объем биофильных элементов. Но если почвы бедны, а в живом веществе достаточно элементов питания, чтобы обеспечивать полноценное биогеоценотическое воспроизводство, то вполне резонен вопрос: как же образовался первоначальный запас питательных веществ, сосредоточенный в растительных и животных организмах? Для тропических гилей немецкий географ И. Вальтер отмечал, что исходный запас питательных веществ образовался в то время, когда мощность коры выветривания была не столь ве-

ликой и корни растений непосредственно соприкасались с коренной породой. В современных условиях после сведения тропического леса всегда образуются менее продуктивные тропические леса, не достигающие высоты и пышности первичного дождевого леса. Требуются многие и многие десятилетия для наполнения биологического круговорота веществ биофильными элементами, чтобы биогеоценозы гилей достигли климаксного состояния. В умеренном поясе молодого геологического возраста материнские породы как первоисточник минеральной пищи залегает не столь глубоко от поверхности, от корневой зоны древесных растений. Поэтому вторичные леса восстанавливаются почти в первоначальном виде за сравнительно короткий срок, около 100 лет. Подпочва наших лесов еще имеет возможность поставлять необходимый запас минеральных элементов в живое вещество леса. В стабильности биологического круговорота в лесных сообществах нельзя пренебрегать и притоком веществ за счет атмосферной пыли, что совершенно не учитывается в экологическом балансе минеральных компонентов биоценозов.

Особое значение приобретают вопросы охраны лесных почв. Многочисленные примеры освоения тропических почв без достаточной их изученности и окультуривания свидетельствуют о полной деградации почв по пути образования латеритных панцирей. Естественный тропический лес на латеритизированных почвах не восстанавливается, а продуктивность вторичных лесов значительно ниже их исходного уровня. В наших условиях умеренного пояса природоохранными объектами являются леса на песках, особенно кварцевых, леса на гранитах, кварцитах, диабазах, гнейсах и других массивно-кристаллических породах, леса на крутых склонах с маломощными почвами и т. д. Все эти почвы, удобные для лесов, крайне неблагоприятны в агрономическом отношении и требуют капитальных затрат на окультуривание путем травосеяния, применения органических и минеральных удобрений при высоком уровне развития животноводства.

Почвенно-экологическая специфика лесных биогеоценозов. В природе эволюционно сформировались два великих растительных царства, практически разделивших между собой всю сушу планеты. Это травянистые биогеоценозы, обуславливающие дерновый процесс почвообразования со своей пространственной самодостаточностью, но глобальные по своей целостности, и лесные биогеоценозы с особой спецификой почвообразования. Термин «почвообразование» многозначен и безразмерен. Почвообразование можно

рассматривать как глобальное явление и как зональный процесс, как ландшафтную и биоценотическую особенность и как явление в конкретном педоне, наименьшей массе конкретной почвы.

Биологическое сообщество лес редко отличается от травянистой растительности по своей экологической специфике как фактор развития почвообразовательного процесса. Сравнительная оценка почвообразовательных функций приведена в табл. 1.2 без учета зонально-ландшафтного и биоценотического количественно-качественного многообразия.

Таблица 1.2

Оценка экологических почвообразовательных функций лесных и травянистых биогеоценозов

Показатели	Биогеоценозы	
	лесные	травянистые
Соотношение надземной и подземной биомассы	Биомасса корней незначительна, надземная часть составляет 80–90 % всей биомассы	Корневые системы растений составляют 80–90 % всей биомассы
Особенности поступления растительного опада в почвообразовательный процесс	Основной растительный опад поступает на поверхность почвы, образуя горизонт лесной подстилки, A_o, участие корневых систем незначительное	Основной растительный опад поступает в почвенные горизонты в виде ежегодного отмирания корневой массы
Химический состав растительных остатков	Много целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, смол, восков, дубильных веществ. Очень мало белков, аминокислот и зольных элементов	Повышенное количество белков, аминокислот, зольных элементов
Конечные продукты гумификации и минерализации	При преимущественно грибном разложении образуются ненасыщенные подвижные фульвокислоты. Растворы имеют кислую и слабокислую реакцию среды	При преимущественно бактериальном разложении образуются насыщенный фульватно-гуматный гумус. Растворы имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды
Конечный почвообразовательный эффект	Формирование горизонта A_o, кислая реакция почвенного профиля, фрагментарность или крайне малая мощность гумусового профиля, провоцирование процессов преобразования и распада алюмосиликатной почвенной массы, сильное элювиирование	Формирование мощного гумусового горизонта A+AB, оструктуривание почвенной массы мезоагрегатного типа, нейтральная реакция среды почвенного профиля. Подавленность процессов преобразования алюмосиликатной массы, ослабленное элювиирование

Леса как элювиально устойчивый тип биогеоценозов. Лесные биогеоценозы в процессе эволюции в условиях влажного климата сформировались как тип растительности, устойчивый к интенсивному выщелачиванию из почвенных масс растворимых веществ и адаптированный к обильному увлажнению при хорошей аэрации почвенной среды. Болотные леса, как мангры и другие, крайне специфичны и локально интразональны. В решение вопроса «почва – плодородие – естественные биоценозы» значительный вклад вносит концепция В. В. Пономаревой (1964). Автор подчеркивает огромное значение в экологии растений условий водно-минерального питания. Связь лесов с влажным климатом имеет сложный характер и может быть выражена схемой: влажный климат → сильное вымывание (элювиирование) → лес как элювиально-устойчивый тип растительности. Лесные биоценозы хорошо переносят обильное увлажнение и выщелачивание веществ атмосферными водами. Сущность приспособления лесной растительности к интенсивному элювиированию и выщелачиванию состоит в накоплении и удержании биомассой леса, в основном древесными растениями, всех необходимых элементов биофилов не в почве, из которой все, что растворимо, вымывается в грунтовые воды, а более надежном хранилище – биомассе, в основном в древесине. Биологический круговорот элементов в лесах приближается к непосредственному обмену между организмами и их отмирающими остатками после их минерализации. Поступление веществ минерального питания растений в почвенные растворы в лесах всегда совпадает с высокой биологической поглотительной способностью корневых масс древесных растений. Поэтому настоящие леса, таежные и тропические, не образуют высокоплодородных в сельскохозяйственном смысле почв. Более того, лес способен максимально использовать самые бедные местообитания (кварцевые пески и др.), проявляя высокую продуктивность. В лесах продуктивность биоценозов не совпадает с плодородием почвы в форме ее богатства элементами питания.

Накопительная функция древесины весьма объемна, а по длительности сохранения вещественных и энергетических составляющих плодородие биогеоценоза не уступает гумусовому веществу верхнего горизонта черноземов, считающихся эталоном плодородия. Возраст гумуса, или цикл его оборота в этом горизонте, около 100–150 лет, это в ряде случаев даже меньше, чем возраст древесины многих лесов. В то же время регулярное

поступление в биологический круговорот растительного опада с последующей его минерализацией – залог стабильности эффективного плодородия почвы и функционирования самого биогеоценоза. В этих явлениях определяющую роль играет лесная подстилка.

Лесная подстилка, генетический почвенный горизонт A_0 (эколого-генетическая классификация) или горизонт О (профильно-генетическая классификация). Типичный верхний горизонт всех лесных почв. Мощность менее 10 см. Содержание органических веществ более 35 %. Органические и животные остатки сохраняют частично свое строение. Объем подстилки в лесах составляет: субтропические леса – менее одного годичного опада, суббореальные с бурыми лесными почвами – 1–2,5, бореальные таежные леса или горные хвойные – более 3 (3–5). В северной тайге около 20.

Лесная подстилка – максимальное сосредоточение биологически разнообразных процессов, важнейшее звено круговорота веществ древесных биоценозов. Здесь концентрируется минерализация и гумификация растительных остатков и гумусово-минеральных превращений массы почвенных горизонтов. Как правило, среда кислая и слабокислая, а характер микробиологических превращений – грибной. Гумификация происходит по типу образования фульватного гумуса (хвойные биоценозы) и гуматно-фульватного гумуса (биоценозы широколиственного леса).

В состав лесной подстилки, кроме растительного опада, входят животные, перерабатывающие эту подстилку, а также микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности. Широкая многокомпонентность органических веществ по праву предопределяет все метаболические функции лесного биогеоценоза, его плодородие и плодородие почвы. По праву можно утверждать, вещественно-энергетическая компонента плодородия почвы сосредоточена в горизонте A_0.

Большую важность лесной подстилки в функционировании биоценозов подчеркивает Л. О. Карпачевский (2005), отмечая, что ее можно считать «самостоятельным природным телом, биогеоценотическим горизонтом, который обладает рядом специфических свойств и экологических функций», правда, любой объект из комплекса соподчиненных природных систем всегда рассматривается и как самостоятельное явление, и как часть более сложных и высших по рангу систем.

В роскошном тропическом лесу почвенная основа биогеоценоза представляет парадоксально бесплодную массу. Однако в сис-

темном взаимодействии всех компонентов природной среды, в их гармоничном сочетании обеспечивается уникально высокая биологическая продуктивность. Здесь велика экологическая функция лесной подстилки. Этот горизонт эфимерен, он в постоянном обновлении. При громадном ежегодном биологическом опаде в условиях постоянно высоких температур и влажности способность органических веществ к минерализации и гумификации столь огромна, что никакого накопления неразложившихся остатков происходить не может. Более того, биоклиматическая ситуация позволяет перерабатывать мертвое органическое вещество в количестве в 20 раз большем, чем его ежегодное поступление. Все продукты биологического происхождения превращаются в простые химические соединения и фульватный гумус, который в свою очередь также способен к быстрой минерализации. Таким образом, наземный опад, имитирующий горизонт лесной подстилки, поставляет в почву с нисходящими токами воды обилие растворимых элементов-биофилов, элементов минерального питания.

Анализируя функции горизонта лесной подстилки, примечательно отметить столь значительные различия между лесными биогеоценозами: северные таежные леса могут аккумулировать в горизонте A_0 до 20 годовых растительных опадов разной степени разложения, а тропический лес может переработать в 20 больше, чем ежегодно поступает с опадом на поверхность почвы. Такой вот парадокс – лесная подстилка есть и в то же время ее нет!

Плодородие почв лесных биогеоценозов имеет свои особые черты.

Почвенный профиль лесных почв как экологическая среда. Каковы главные общие черты экологических условий почвенной массы в лесах различных природных зон, если рассматривать плодородие почвы как способность обеспечивать обитающие растения элементами питания, водой, воздухом и другими факторами жизни? Прежде всего, крайний вариант ситуации: красные и желтые аллитные почвы тропических гилей, мощность которых превышает 1,5–2,0 м, а ферраллитная кора выветривания или почвообразующая порода простирается на многие десятки метров при возрасте почвообразования далеко превышающем всю человеческую историю.

Здесь нет условий для сохранения биофильных элементов. Поглотительная способность незначительна: емкость катионного обмена всего 5–10 м.-экв/100 г почвы. Почвы практически безгу-

мусны, так как образующиеся в лесной подстилке фульвокислоты водорастворимы, а гумификация по гуматному типу не проявляется или значительно ограничена. Аллитная минеральная масса индифферентна к катионной поглотительной способности и представлена конечными продуктами выветривания и почвообразования, возможными в земных условиях. Это минералы окислов железа и алюминия и абсолютно индифферентный к выветриванию глинистый алюмосиликат – каолинит и, конечно, кварц, как первичный неразрушаемый минерал. К этому конечному результату сводится все минерализационное богатство Земли в условиях коры выветривания тропического леса! Часто и по-нострадамовски пессимистично аллитная почвенная масса приводится как пример конечной деградации почвы.

Функция перехвата, поглощения и удержания элементов питания полностью переходит к самим растениям. Корневые системы фитоценозов в силу круглогодовой биологической активности поглощают, вертикально вверх транспортируют и сохраняют в своей фитомассе все жизненно необходимое. Иначе и быть не может: при интенсивном промывном режиме все, что не перехвачено корневыми системами растений, вынеслось бы за пределы почвы и коры выветривания. Но круговорот веществ (биомасса – опад – минерализация – биомасса) замкнут и совершенен. Фильтрационные воды мягкие, безминеральные. Такое климаксное состояние гилей может сохраняться тысячелетиями. Круговорот элементов пополняется за счет ферраллитизации горных пород и атмосферной пыли.

Следующее положение: почва как участник процесса плодородия должна обладать условиями для свободного развития корневых систем. Красные ферраллитные почвы характеризуются высокой водопроницаемостью, рыхлым сложением и полностью пропускают обилие атмосферных осадков. В силу этого они не могут накапливать какие-либо абиотические компоненты обмена веществ, не способны к заболачиванию. Аэрация постоянна. Можно говорить о водно-воздушной гармонии почвенной среды, которая обеспечивается легким гранулометрическим составом ферраллитно-кварцевого субстрата с каолиновым глинистым содержанием. Сильно набухающие минералы отсутствуют, агрегированность почвенной массы за счет железисто-алюминиевого коагулирования не имеет себе равных в природе. Следовательно, почва имеет экологическую среду для свободного и оптимального развития корневых систем всех растений тропического леса,

что и обеспечивает фитоценозы бесперебойно и доступно элементами минерального питания, азотом и фосфором, поступающими из лесной подстилки.

Таежные леса бореального пояса принципиально имеют тот же тип биологического круговорота, что и тропические. Однако биоклиматическая интенсивность во много раз меньше, что существенно меняет и индивидуализирует весь облик звеньев биогеоценоза. Биологическая активность в ослабленной форме проявляется только в короткий летний период. Значительную часть года биогеоценоз находится в состоянии мерзлотного покоя. Лесная подстилка на поверхности минеральных горизонтов почвы имеет тенденции многолетнего накопления. Фитоценотическая и биохимическая специфика хвойного таежного леса формирует особо кислый растительный опад, что предопределяет развитие подзолистых почв. Их малогумусность фульватного типа и бедность элементами питания общеизвестны. Естественных условий для накопления элементов питания в этих почвах нет. Однако молодой возраст территории бореального пояса, близость к поверхности многоминеральных, маловыветренных кор выветривания различного происхождения является важным источником пополнения биологического круговорота необходимыми минеральными компонентами. Поэтому при сведении леса по разным причинам в положенный ему срок сукцессии восстанавливают биогеоценозы тайги до их первозданного уровня, что в тропических лесах весьма проблематично.

Поэтому, в связи с вышеизложенным, подчеркиваемый большинством авторов низкий уровень плодородия лесных почв, особенно таежных подзолистых и тропических гилей с красными и желтыми ферраллитами, не корректен в экологической интерпретации. Плодородие авторы, прежде всего, связывают с сельскохозяйственными растениями, игнорируя его экологически растительную конкретность, т. е. способность почв обеспечивать оптимальные условия для развития растений, в данном случае лесной растительности. Почвы под природными лесами обладают плодородием, которое необходимо деревьям и их спутникам и обеспечивают многовековое существование лесных сообществ.

Еще в I в. римский ученый-философ Плиний Старший писал: «Почва, которую украшают высокие и стройные деревья, далеко не самая лучшая, если не считать ее пригодность для самих деревьев». Бесплодную почву в утилитарно-агрономическом понимании для леса можно назвать высокоплодородной: она ре-

гулярно и оптимально обеспечивает свои растения элементами питания, водой и воздухом.

Тотально элювиальные явления почвообразования при формировании системной пресистентности климаксных (квазиравновесных) лесных ландшафтов и присущих им почв сопровождаются многими сопутствующими процессами, преобразующими почвенную массу в зонально и ландшафтно конкретные почвы, создающие географическую мозаику почвенного и соответственно биогеоценотического покрова лесных территорий планеты.

Например, между типично лесными (тайга, гилея) и типично степными (луговая степь, высокотравная саванна) биогеоценозами существуют весьма разнообразные формы природных сообществ, в которых в разной степени участвуют в создании биомассы как сама растительность, так и свойства и богатство почвы. К таким биогеоценозам со сложным биологическим круговоротом относятся широколиственные леса с серыми и коричневыми лесными почвами, листопадные сезонно-влажные тропические, хвойно-широколиственные леса южной тайги и др., в которых широко участие травянистой растительности. Многие явления такого сочетания не раскрыты полностью ни почвенно-генетически, ни классификационно. Например, развитие дернового процесса в отдельных биогеоценозах лесов Северного Кавказа, где по логике должны выделяться среди бурых лесных почв дерново-бурые лесные почвы. Но постулаты современного генетического почвоведения этого не предусматривают. К кавказской почвенно-генетической алогичности можно отнести идентичный показ почвоведами бурых лесных почв и под буково-грабовыми лесами, и под пихтовыми.

К типично лесному процессу почвообразования можно отнести подзолистый процесс, трактующийся в почвоведении как кислотный гидролиз алюмосиликатов при активном участии фульвокислот и других соединений кислотной природы, образующихся в лесной подстилке. Совершенный результат подзолистого процесса – подзолы и дерново-подзолистые почвы тайги. В то же время подзолистые явления фиксируются практически во всех почвах лесов в разной степени выраженности и в разной степени участия в этом процессе лессиважа.

Трудно представить леса тропиков и субтропиков без ферраллитных процессов, для которых обязательным условием является температура активного периода не менее 30 °С и оптимум влажности. Однако ферраллитные явления могут сопровождать

и травянистую растительность. Это типично для руброземов аргентинской пампы, где летом постоянно очень жарко и очень много осадков. Как лесные, так и травянистые почвообразования могут сопровождать процессы оглинивания, заболачивания и другие явления. Но вот солонцеватости и солончаковости почв в лесах не встретишь, как в степях, прериях и саваннах не найдешь следов подзолистого почвообразования.

Таким образом, влажный климат лесов создает в почвах промывной водный режим. Растворимые в воде вещества должны были бы вымываться из профиля почвы. Однако выноса питательных веществ из почвы в грунтовые воды практически не происходит. Лесные фитоценозы сформировались как элювиально-устойчивый тип растительности. Сущность приспособления состоит в накоплении и удержании лесом необходимых ему запасов элементов-органогенов не в почве, из которой легко идет вымывание, а в более надежном хранилище – в биомассе. Биологический круговорот элементов в лесах приближается к непосредственному обмену элементов между организмами и их отмирающими остатками. В лесных сообществах миграция элементов происходит не с нисходящими фильтрующимися водами, а с восходящими к кронам деревьев растворами различных веществ и их закреплением в биомассе деревьев. Сосредоточение элементов минерального питания в биогенном веществе – важнейшая экологическая особенность лесных биогеоценозов. Плодородие в применении к естественным условиям теряет агрономическое содержание, так как способность удовлетворять потребности растений присуща не только почве, но и самому биологическому сообществу, и не всегда по объему естественной биомассы можно судить об агрономическом уровне плодородия. В то же время лесные почвы как среда обитания корневых систем деревьев могут оцениваться с экологических позиций как почвы высокого уровня плодородия, несмотря на их агрономическую неприглядность. Это подтверждение парадокса плодородия: нет вообще плодородных почв, а есть почвы конкретно плодородные для тех или иных биоценозов.

1.3. Плодородие почв травянистых биогеоценозов

Плодородие почв биогеоценозов, в которых травянистая растительность является главнейшим фитоценотическим компонентом, прежде всего связано дерновым процессом почвообразования.

Дерновый процесс рассматривается в генетическом почвоведении как частный почвообразовательный процесс или с позиций И. П. Герасимова и М. А. Глазовской (1960) как элементарный процесс почвообразования. Правда, называть это явление элементарным, как и другие подобные по уровню процессы, весьма сомнительно. Достаточно отметить глубокие исследования А. А. Роде (1937) по подзолистому процессу, Ф. Р. Зайдельмана (1998) по глееобразованию, Н. Б. Хитрова (2003) по слитогенезу и др., чтобы усомниться в правильности термина «элементарный». В то же время, долгие годы, да еще и сейчас, позиция И. П. Герасимова (1973) – «элементарные почвенные процессы как основа генетической диагностики почв», остается фундаментом генетического почвоведения. Дерновый процесс почвообразования – одно из явлений в сложной многогранной и иерархической системе генезиса почв, звено в цепи биогеоценотических отношений ландшафтно-географической среды, которые связывают в единое целое травянистую растительность, атмосферу и климатические факторы, кору выветривания, животный мир, микробоценозы и т. д.

В сущности, формирование всех почв гумусово-аккумулятивного характера как бы далеко они не стояли друг от друга, от умеренных до тропических широт, от гумидных условий до аридных пустынь, протекает при однотипном комплексе почвообразовательных явлений дернового воздействия травянистой растительности и нисходящей миграции солевых растворов. Различия заключаются в количественной результативности протекающих явлений при возможном сочетании с другими налагаемыми явлениями, как то ферралитизация, оглинивание, лессиваж, осолонцевание и т. д.

Понятие о дерновом процессе прочно вошло в теорию и практику почвоведения. В обобщенном виде *дерновый процесс предполагает накопление гумуса и приобретение почвой комковато-зернистой структуры под воздействием травянистой растительности. При этом происходит аккумуляция азота, фосфора и зольных элементов питания растений, приобретение почвой благоприятных для большинства растений и почвообитающих животных водно-физических свойств, связанных с рыхлым сложением почвенной массы.*

Термин и понятие о дерновом почвообразовательном процессе введены В. Р. Вильямсом. В названиях почв термин «дерновые» не столь широко распространен, как этого следовало бы ожидать,

хотя, как считает В. А. Ковда (1973), вся третичная и четвертичная история почвообразовательного процесса сопровождалась нарастающим увеличением роли травянистой растительности, хорошо приспособленной к возрастающей аридизации и похолоданию суши. Из зональных почв общеизвестны только дерново-подзолистые южно-таежных смешанных лесов с травянистым покровом. Большинство зональных почв планеты, распространенных на обширных пространствах степей, саванн, прерий, имеющих в основе дерновое происхождение, в своих названиях понятие дерновости не несут. Зато весьма известны азональные и интразональные почвы: дерновые, дерново-карбонатные, луговые, лугово-болотные и т. д. В. А. Ковда (1973) географические аспекты почвенного покрова планеты рассматривает с позиций почвообразования под покровом травянистой растительности или дернового почвообразовательного процесса, также как почвообразование под лесом, в гидроморфных условиях и др. Особо выделяются дерновые почвы в Классификации почв России (2004) и отдельных регионов: Юг России (Вальков, Казеев, Колесников, 2002), Северный Кавказ (Вальков, Штомпель, Тюльпанов, 2002) и др.

Дифференциация дернового процесса по профилю почв позволяет выделять собственно дерновые горизонты и гумусовые горизонты. Эффект дернового процесса ослабевает по мере уменьшения количества корней. Деградация явлений дернового процесса происходит до некоторой степени и на пашне, где разрушается образованная травами структура и ослабевают темпы гумификации.

Дерново-гумусовые горизонты могут вмещать в себя или сочетаться с другими явлениями. Наиболее распространены следующие комплексные горизонты:

- *дерновый грубогумусный*, гетерогенный по составу. Представляет растительные и животные остатки различной степени разложения и минеральные компоненты почвы. Общее количество органических веществ и остатков около 30–40 %. Горизонт имеет небольшую мощность и представляет переходный слой почвы от степного войлока к собственно дерновому горизонту. Типичен для целинных и залежных степей и лугов;
- *пахотный* горизонт, возникающий на месте дернового, до некоторой степени утрачивает агрономически ценные черты исходного слоя. Образующийся пахотный горизонт вместо

недерновых горизонтов любого происхождения (элювиального, иллювиального, текстурного, материнской породы и т. д.) приобретает признаки дернового горизонта и тем в большей степени, чем менее подвержен машинной обработке;

- *гумусово-элювиальный* горизонт типичен для дерново-подзолистых и серых лесных почв, солонцов, солодей и др.;
- *гумусово-иллювиальный* в почвах с элювиально-иллювиальной дифференциацией продуктов почвообразования;
- *гумусовый переходный* является продолжением поверхностных гумусовых и дерновых горизонтов;
- *каштановый метаморфический* типичен для сухостепных почв;
- *гумусовый метаморфический* характерен для почв с оглиниванием в средней части профиля (коричневые, бурые, лесные, черноземы южно-европейской фации и др.);
- *гумусовый* и *слитой* в обширной группе слитоземов.

Экологическая значимость трав. При широком разнообразии почв, формирующихся с участием травянистой растительности, все они имеют общие черты и обязаны дерновому процессу, т. е. длительному воздействию корневых систем трав и сопутствующих им организмов. Травянистая растительность вовлекает в биологический круговорот большие количества углерода, азота, фосфора, кремния, кальция, магния, серы и других элементов. При этом образуется гумусовые горизонты различной мощности, вплоть до 2-метровой толщи, как у кубанских черноземов, с высокими потенциальными энергетическими и пищевыми ресурсами, что обеспечивает регулярность и стабильность плодородия.

Корневая система травянистых растений при огромной разветвленности, суммарной длине и поверхности корней и их поглощающих корневых волосков крайне сильно действует на почвенную массу, механически и биохимически создавая особую прикорневую ризосферную зону. Здесь происходит интенсивное насыщение микрофауной и микрофлорой, создается богатая ферментами среда со спецификой газового, водного, окислительно-восстановительного и кислотно-щелочного режимов.

Травянистая растительность принесла в биосферу свой принципиально своеобразный животный мир. Это связано, прежде всего, с двумя факторами:

1. Корневые системы фитоценозов, как это звучит не парадоксально, занимают больший объем почвенной и почвооб-

разующей массы коры выветривания, чем древесные, что связано с экологическими условиями влагообеспеченности растений. Леса довольствуются поверхностными горизонтами почвы. Влажные условия обитания способствуют этому. В нетипичных для деревьев условиях, например на черноземах, в поисках влаги корни деревьев проникают глубоко в материнскую породу. Это учитывается в агроэкологическом почвоведении. Для яблони как типично лесного растения на почвах лесного генезиса (серые лесные, бурые лесные, желтоземы и др.) успешное обитание обеспечивает мощность корнеобитаемой толщи около 100 см и даже менее. В то же время на черноземах и каштановых почвах корнеобитаемая толща без негативных экологических показателей должна быть около 250–300 см. Вместе с корневыми системами травянистой растительности, фундамента трофических цепей питания в глубокие горизонты проникает и животный мир, помогая друг другу. В черноземах при описании профиля в глубоких горизонтах очень часто встречаются такие характеристики: «... четко видны гумусированные ходы червей, по которым наблюдаются пучки корней растений».

2. Травянистая растительность своей мощной корневой системой создает пищевое благоприятствование по изобилию корневой массы и ее качественному составу (белки, углеводы, жиры и т. д.). При глубоком проникновении корней, а с ними и животных, увеличивается биологическое разнообразие трофического, а вместе с тем и экологического плана, возникает контрастность по генетическим горизонтам численности и биомассы животного мира. В единой системе находятся гумусовое состояние почвы, фитомасса и животный мир. Количественная контрастность по генетическим горизонтам увеличивается обратно пропорционально биологической активности веществ органической природы: более контрастно разделение по генетическим горизонтам обитателей животного мира, менее – корневых систем растений и, наконец, постепенные переходы в генетическом профиле почв типичны для содержания гумуса.

Численность почвенных беспозвоночных, микроорганизмов, ферментативная активность и скорость протекания других биохимических процессов в дерновых горизонтах почв максималь-

ны, что, несомненно, связано с особенностями травянистой растительности, особенно со значительным содержанием корней в этом горизонте. В результате высокой интенсивности биологических процессов в верхних 10–20 см дерновых почв накапливается значительно больше гумуса, чем в лесных почвах. Кроме того, характер профильного распределения почвенной биоты (фауны, микрофлоры) и биохимических процессов в почвах, занятых травянистой растительностью, несомненно, отличается от такового в лесных почвах. Уменьшается «прижатость» биологических процессов к поверхности, характерная для лесных почв. Биологические процессы интенсивно протекают в большем объеме почвы.

В почвах, занятых травянистой растительностью, несколько изменяется и качественный состав биоты. Существенно возрастает роль крупных млекопитающих, особенно копытных. При этом общая зоомасса разных почв изменяется незначительно (Криволуцкий и др., 1985). В травянистых сообществах среди беспозвоночных по сравнению с лесными возрастает роль фитофагов и уменьшается доля сапрофагов, снижается роль дождевых червей, особенно в сухих местообитаниях.

Ферментативная активность почв под травами в целом выше, чем лесных почв, особенно если учитывать весь почвенный профиль. Обычно возрастает роль окислительно-восстановительных реакций по сравнению с гидролитическими. Соответственно в травянистых местообитаниях активность каталазы, дегидрогеназы в целом выше, а активность инвертазы, фосфатазы, уреазы ниже. Но высокая ферментативная активность отмечается не только в приповерхностных горизонтах, но и значительно ниже, вплоть до почвообразующей породы, постепенно снижаясь вниз по почвенному профилю.

Дерновый процесс почвообразования следует рассматривать как часть сложной биогеценотической и ландшафтной системы круговорота веществ и энергии, в котором главным, определяющим компонентом всей совокупности является травянистая растительность. Этот тип фитоценозов появился на планете Земля в третичный период и проявил высокую жизнестойкость и приспособленность к самым разнообразным экологическим условиям – от полярных до тропических поясов, от пустынно-аридных до гумидных. Однако природное географическое совершенство дерновый процесс почвообразования приобрел при установлении особого травянистого биологического круговорота в распростра-

нении большой группы темных гумусовых плодородных почв в степях, саваннах, прериях, пампах и т. д.

Сопоставление биологической продуктивности травянистых сообществ с лесными, выполненное В. А. Ковдой (1973) и другими исследователями, показывает, что травы на единицу площади содержат в 5–6 раз меньше фитомассы, чем лес. Но формируются значительные запасы зоомассы – намного больше, чем в лесных сообществах.

Высокое содержание белков и зольных элементов в составе травянистой растительности, близкая к нейтральной реакция среды – все это создает условия для процессов гумификации по гуматному и фульватно-гуматному типам. Преобладание гуминовых кислот нерастворимых в воде способствует постбиологическому накоплению органического вещества в почвенных горизонтах. Уровень накопления гумуса различен и зависит в конечном итоге от продолжительности и интенсивности биологических процессов.

Многочисленные исследования показывают, что скорость гумусообразования под травянистой растительностью и скорость достижения равновесного гумусового состояния дерновых почв измеряется несколькими столетиями. Возраст гумуса в верхних слоях климаксной черноземной почвы с естественным дерновым процессом около 100–200 лет. Образовавшийся ранее гумус заменяется новым. В нижних же слоях возраст гумусовых фракций в несколько раз больше, глубокие горизонты всегда старше по гумусовому состоянию и сохраняют углерод древних (более 1000 лет) стадий процесса почвообразования.

Важным экологическим фактором дернового процесса является то, что большая часть атмосферных осадков (40–80 %) в конечном итоге удерживается почвой и в дальнейшем расходуется растительностью на транспирацию. Необходимость водоудерживания и свободной водоотдачи создается в значительной степени самой травянистой растительностью и воспринимается как рыхлость сложения и оструктуренность почвенных горизонтов. Основная вода, доступная растениям, представлена в почвах, оструктуренных травянистой растительностью, капиллярной влагой в агрегатах и влагой на стыках между агрегатами.

Велико значение физической разрыхляющей способности корневых систем травянистой растительности, их структурообразующих функций. Благодаря травам в результате дернового процесса почвенная масса увеличивается в объеме, почва как бы

растет вверх, оптимизируется ее плотность. Плотность почвообразующей породы лессовидного суглинка составляет 1,50 г/см^3; плотность дернового горизонта черноземной почвы – 1,15 г/см^3. Следовательно, почва в процессе почвообразования на 25 % стала более рыхлой, а 20 см толщи материнской породы превратилась в 25 см почвенного дернового горизонта.

Структурообразующий эффект трав связан с формированием мелко комковатой (5–10 мм) и зернистой (1–5 мм) структуры. Это структурные элементы, комки почвы со слабо выраженными гранями, что характерно для комковатой структуры, и с ясно выраженными гранями у зернистой. При дерновом почвообразовании в наиболее типичной форме образуется мелкокомковато-зернистая или зернисто-мелкокомковатая структура. Типичная комковатая структура с размером граней от 1 до 5 см, как правило, не типична для дернового процесса и имеет вторичное происхождение разного генезиса. Чаще всего структура дернового горизонта называется зернисто-комковатой, причем размеры комков не указываются.

Мочковатая корневая система растений всей своей массой разрыхляет почву, переводя ее из сплошного состояния в раздельно-агрегатное. Это первый эффект структурообразования. Однако отдельные агрегаты минеральной массы не водопрочны. Устойчивость к разрушающему действию воды приобретается агрегатами в процессе их пропитки веществами гуминовых кислот, которые образуются при гумификации корневых остатков. В наиболее яркой форме агрегирование почвенной массы наблюдается в луговых почвах тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава при содержании гумуса более 6 %. Структурный эффект настолько высок, что в почве не наблюдается пылеватых и порошистых фракций, а вода, проходящая через структурную почву, совершенно прозрачна. Структурные отдельности в ладони ощущаются как мелкие камешки.

В структурообразующем эффекте трав важно подчеркнуть следующее:

– зернистые и мелкокомковатые размеры агрегатов создают среду экологически гармоничного соотношения в почвенной массе воды и воздуха. При влажности на уровне наименьшей влагоемкости вода занимает 60, а воздух – 40 % объема пор почвы. Такие условия оптимальны для развития корневых систем растений и почвообитающих животных. Успешно развиваются аэробные микроорганизмы в межаг-

регатной среде и на поверхности агрегатов, а анаэробные формы – в массе самих агрегатов;
- агрегаты являются водопрочными, устойчивыми, что обеспечивает стабильность экологической ситуации. Разрушение структуры может происходить только при резком изменении условий внешней среды: механические воздействия (машинная деградация, пастбищная нагрузка), изменение физико-химической обстановки (осолонцевание, содовое засоление и др.).

Гранулометрический состав исходной материнской породы во многом проявляется в результативности дернового процесса, черты которого типичны, начиная от среднесуглинистых разновидностей почв. Фракции механических элементов, тяготеющие к тяжелому или легкому гранулометрическому составу, соответствующим образом усиливают или подавляют функции биоты, формирующей дерновый горизонт.

География дернового процесса. Образование фитомассы и поступления ее остатков в почву, включая наземную и подземную части, проходит тем интенсивнее, чем благоприятнее экологические условия для травянистой растительности. Травянистый оптимум в разных биоклиматических условиях создается при климатическом коэффициенте увлажнения менее 1,0. Это возможно в трех биоклиматических поясах Земли – суббореальном, субтропическом и тропическом.

Природно-географические зональные системы этих поясов, определяемые функционированием травяных биогеоценозов, складывается следующим образом.

Суббореальный пояс:
- разнотравно-ковыльные луговые степи с выщелоченными и типичными черноземами;
- разнотравно-типчаково-ковыльные степи с обыкновенными и южными черноземами, а также прерии с бруниземами;
- типчаково-ковыльно-полынные сухие степи с каштановыми почвами;
- полупустынные степи с бурыми полупустынными почвами.

Субтропический пояс:
- травянистые сухие леса в условиях средиземноморского типа климата с коричневыми почвами и пампа с руброземами, где влажный период приходится на летнее время;
- сухие субтропические кустарниковые степи с серо-коричневыми почвами.

Тропический пояс:

– листопадные леса и высокотравные саванны с красными латеритными почвами;

– типичные саванны с красно-бурыми почвами и черными слитоземами;

– сухие саванны с красновато-бурыми почвами.

Особым своеобразием отличаются черты дернового процесса в океанических субарктических областях (Фаррерские острова, Исландия), в южной тундре, в альпийской и субальпийской степной зонах горных систем, в поверхностно- и грунтово-гидроморфных условиях различных зон. При значительном экологическом многообразии этих территорий общей сходной чертой становится накопление в почвенной массе торфяных остатков травянистой растительности при фульватизации гумусового состава.

Некоторые географические закономерности развития дернового процесса:

1. Наибольшая емкость биологического круговорота обеспечивается при коэффициенте увлажнения 1,0–0,8.
2. По мере нарастания сухости экологической ситуации, вместе с уменьшением объема фитомассы изменяется соотношение надземной и подземной биомасс. В сухих условиях типично преобладание корневых систем, за исключением пустынных тропических и субтропических кактусообразных фитоценозов.
3. Процессы минерализации органических остатков и гумусовых веществ интенсифицируются по мере повышения температур в биологически активные влажные периоды года. Накопление гумусовых веществ в почвах достигает максимума в относительно прохладных условиях суббореальных черноземных степей и прерий. Гумусонакопление сводится к минимуму при дерновом процессе в тропических саваннах.
4. Высокое накопление гумуса при дерновом процессе обусловлено преобладанием гуминовых кислот, а ослабление гумусообразования ведет к формированию фульватного гумуса или чем меньше в почвах гумуса, тем больше в нем фракций фульвокислот.
5. Дерновый процесс обязательно связан с высоким уровнем насыщенности биологического круговорота зольными элементами и особенно кальциевым питанием организмов, что обеспечивает нейтральную и слабощелочную реакцию поч-

венной среды. Непромывной или периодически промывной водный режим создает условия для выноса легкорастворимых солей за пределы коры выветривания и накопления солей щелочноземельных металлов в нижней части почвенных профилей дерновых почв, что обеспечивает почвенные растворы бикарбонатами кальция и магния.

Дерновый процесс и наземные животные. Дерновые почвы и их травянистая растительность ежегодно с регулярным постоянством обеспечивает наземных животных богатой по питательной ценности фитомассой, являясь основанием экологических пирамид в трофических цепях. Высокое содержание белков, углеводов, зольных элементов и других биологически ценных компонентов обуславливает расцвет травоядных животных. В прошлом обитателями Евразийских степей были гигантский олень, кулан, тарпан (дикая лошадь), сайгаки и др. С высокой продуктивностью травянистой растительности саванн связана впечатляющая многочисленность антилоп, буйволов, слонов, жирафов, носорогов, зебр и других копытных. Североамериканские прерии обеспечивали жизнь многомиллионным стадам бизонов.

Травоядные животные – важное звено в биологическом круговороте веществ и энергии в почвах с дерновым процессом почвообразования. Известно, что в травянистых биогеоценозах саванн запас зоомассы крупных травоядных составляет 200 кг/га, в то время как масса крупных животных даже в тропическом лесу всего 1 кг/га, хотя ежегодный прирост фитомассы как основания пищевой цепи в лесах почти в 5 раз выше, чем у травянистых биогеоценозов.

Дерновый процесс и плодородие почв. Следует признать первостепенное значение дернового процесса как фактора, создающего агрономическое эффективное плодородие почвы на базе формирования высокого потенциального плодородия и приобретения почвой благоприятной экологической обстановки для большинства сельскохозяйственных растений, близких по природе к травянистой растительности. Черты дернового процесса сохраняются и под культурными растениями (пшеница, ячмень, люцерна, кормовые злаки и т. д.).

Плодородие почв с дерновым гумусо-аккумулятивным почвообразованием определяется всей массой почвенного профиля. Однако вклад отдельных генетических горизонтов в общее плодородие крайне неодинаков и зависит от предшествующей корневой массы, создавшей его. Исследования предгорных чернозе-

мов Северо-западного Кавказа показывают, что их плодородие для зерновых культур слагается следующим образом: горизонт А – 65 %, АВ – 25 % и В – 10 %. На пахотных землях дерновый процесс проявляется в полной мере под многолетними травами. В травопольных севооборотах при хорошем увлажнении и высокой урожайности самих трав и остальных культур севооборота дерновый процесс значительно приближает обрабатываемые почвы к их естественно-черноземному состоянию. Именно благодаря дерновому процессу на пахотных землях действенен тезис, высказанный еще К. Марксом: «Земля постоянно улучшается, если правильно обращаться с ней». По особому воспринимаются слова великого французского романиста Оноре Де Бальзака из «Сельского священника» (1839): «Тот, кто обрабатывает невозделанную почву, кто улучшает фруктовые деревья и засевает травой бесплодную землю, намного выше тех, кто ищет общих формул на благо человечеству».

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ

2.1. Виды и формы агроценотического плодородия почв

Возникновение плодородия связано с естественным почвообразованием, поэтому каждой почве присуще ***природное***, или ***естественное, плодородие***. Если почва распахивается либо используется под кормовые угодья, она включается в трудовой процесс. Ее природное плодородие начинает проявляться в продуктивности сельскохозяйственных угодий. Этот вид плодородия часто называют ***эффективным***, в котором объединены ***естественное*** и ***искусственное*** плодородие.

Искусственное плодородие создается человеком, его разносторонним воздействием на природу почвы. Однако человек по-разному влияет на почву. Известно много примеров, когда благодаря его деятельности и культурной растительности, естественные малопродуктивные ландшафты пустынь, болот, солончаков, солонцов были преобразованы в плодородные пахотные земли. В цветущие сады превратились болота Колхиды, плодородными стали земли Фландрии, Голодной степи, оазисы Хорезма и Сахары, высокие урожаи риса получают в дельте Кубани и т. д. Все это иллюстрирует положительное влияние человека на естественные свойства почв, искусственное плодородие проявляется по отношению к природному в высоком эффективном плодородии. Но часто земледелец по незнанию или из-за нерадивого хозяйствования, пренебрежительного отношения к почве снижает естественный уровень плодородия, что приводит к деградации почвенного покрова. Наиболее распространенные формы нарушения естественного плодородия – эрозия и дефляция почв, засоление и осолонцевание, химическое загрязнение, машинная деградация и т. д.

Плодородие почв проявляется в двух формах.

Во-первых, *плодородие почвы выражается в продуктивности (урожайности) произрастающих на ней растений, в количестве синтезируемой фитомассы.* Плодородная почва должна давать высокий урожай сельскохозяйственных растений. Примером могут служить черноземы Кубани, обладающие превосходными естественными свойствами для культурной растительности и по праву считающиеся плодороднейшими почвами мира.

Однако высокая урожайность растений может быть достигнута за счет увеличения искусственного плодородия. Нечерноземные почвы Прибалтийских стран Западной Европы – рекордсмены мира по урожайности зерновых культур. Поэтому плодородие разных почв, их бонитет сравнивается по многолетней урожайности культурных растений, но обязательно при равных экономических затратах на получение урожая.

Во-вторых, *плодородие почвы выражается в богатстве элементами питания, гумусом, в растительно-экологических свойствах и их количественно-качественных особенностях*. В данном случае плодородие определяется содержанием в почвах азота, фосфора, калия и других биогенных элементов, необходимых для питания растений и поддержания их различных физиологических функций. Большое значение имеют также свойства почвы, ее характеристики, создающие определенные экологические условия, среду для жизнедеятельности растений. К ним относят реакцию среды (pH), физические свойства, содержание солей, гранулометрический состав, каменистость, солонцеватость, увлажненность и др.

Для плодородия почвы важны оптимальное содержание элементов питания и свойства, которые способствуют нормальному усвоению этих элементов. Например, на сильнокислых и сильнощелочных почвах задерживается поступление многих веществ в растение. На почвах, содержащих известь, некоторые растения страдают от хлороза. Железо здесь переходит в недоступные для корней формы. А для улучшения кислых почв, наоборот, вносят известь.

Гранулометрический состав – существенный показатель плодородия почвы. От содержания в почве различных по крупности механических элементов зависят многие химические, физико-химические, водно-физические и физические свойства. Изучение влияния гранулометрического состава на урожайность сельскохозяйственных растений позволило установить определенные закономерности. Общее правило таково: у большинства полевых культур на песчаных почвах плодородие снижается.

На больших площадях встречаются солонцы и солонцеватые почвы. В коллоидах этих почв в адсорбированном состоянии присутствует ион натрия в избыточных концентрациях. Он создает щелочную, почти безжизненную реакцию среды, вызывает появление соды, резко ухудшает физические и водные свойства почв.

Отрицательно сказывается на уровне плодородия почв присутствие повышенных концентраций легкорастворимых солей,

сульфатов и хлоридов натрия, кальция, магния. Это явление, называемое солончаковатостью почв, вызывает у культурных растений нарушение минерального питания, поглощение воды и обмена веществ. В результате на засоленных почвах сельскохозяйственные культуры дают низкие урожаи. Причем плодородие засоленных почв тем ниже, чем больше концентрация солей и чем ближе к поверхности почвы накапливаются вредные соли.

При выходе на поверхность коренных пород в почвах увеличивается количество скелета, т. е. содержание камней и щебня. Этот материал уменьшает общие достоинства почвы за счет его инертности. В скелетных почвах снижается объем активной почвенной массы, становится меньше гумуса, уменьшается влагоемкость. Все это приводит к снижению урожайности растений. Чем больше в почве каменистых частей, тем хуже почва.

Продуктивность в ряде случаев снижается из-за повышенной уплотненности профиля. В уплотненных почвах возникают неблагоприятные агрономические свойства, увеличиваются доля твердой части почвы и доля, занимаемая недоступной влагой. Чем суше почва, тем большее угнетение испытывают растения от повышенной плотности. Общеизвестны следующие неблагоприятные качества плотных почв: ухудшение структурного состояния, снижение водопроницаемости, развитие поверхностного заболачивания и др.

Продуктивность агроценозов зависит не только от плодородия почвы, но и от сложного комплекса условий и явлений окружающей среды. Повышение и поддержание почвенного плодородия является одной из самых сложных и важных задач практической и теоретической деятельности человека. В широком смысле данная проблема охватывает многие вопросы, связанные с функционированием агроценозов, с взаимосвязью и взаимообусловленностью всех компонентов ландшафта.

2.2. Экологическая конкретность плодородия почв

Главный парадокс плодородия заключается в том, что все почвы обладают плодородием, и в то же время нет вообще плодородных земель. Их плодородие очень конкретно.

Еще в Древнем Египте почвы делились на «пшеничные», подвергаемые искусственному затоплению; «водно-болотные», пред-

назначенные для разведения гидрофильных растений и птицы; «степные», не затопляемые Нилом. Почвы виноградников и садов отмечались особо.

Различные почвы не могут быть одинаково хороши для всех растений. Экологические особенности растительных организмов крайне разнообразны в отношении требований к почвенным условиям: к реакции среды, физическим свойствам, гранулометрическому составу и даже к богатству органическим веществом и элементами питания. Например, чай и люпин растут только на кислых почвах, а люцерна предпочитает нейтральные и слабощелочные почвы. Для зерновых культур оптимальны тяжелые структурные почвы, а картофель, бахчевые культуры и черешня лучше растут на легких почвах. На богатых в отношении элементов питания и органического вещества почвах не размещают плантации виноградников и табака из-за резкого ухудшения качества продукции, а конопля и овощные культуры требуют очень богатых почв. Поэтому на практике почвы всегда разделяются на более благоприятные для полевых культур, садов, виноградников, картофеля, огородов, чайных плантаций и т. д. О*дна и та же почва для одних растений может быть плодородной, для других – малоплодородной.*

В этой особенности почвенного плодородия заложена основа рационального, т. е. в наибольшей степени отвечающего почвенным условиям, размещения сельскохозяйственных растений, направленного на оптимальную специализацию сельскохозяйственного производства. Изучение почвенного покрова, почвенное районирование позволяют выделить территории с наиболее благоприятными природно-почвенными условиями для разных направлений сельского хозяйства, для разных культурных растений. С особенностями почвенного плодородия связано развитие зернового хозяйства, льноводства, хлопководства, виноградарства, табаководства, садоводства, субтропического плодоводства и др.

Учитывая экологические особенности культурных растений, плодородная почва должна обладать следующими качествами:

– ***Соответствовать по своим свойствам экологическим особенностям возделываемых культур.*** Например, богатые черноземные почвы – лучшие пшеничные земли, на легких почвах хорошо растут картофель и бахчевые культуры, тяжелые пойменные земли – оптимальны для риса, чай и люпин растут только на кислых почвах, а люцерна предпочитает нейтральные и слабощелочные и т. д.

– ***Обеспечивать растения минеральными веществами.*** Доступность и количество этих веществ неравнозначны для разных культур. Овощи и конопля требуют почв, богатых органическим веществом и легкодоступными азотом, фосфором и калием, хорошо гумусированные почвы оптимальны для зерновых культур и подсолнечника, в то же время виноград, табак, гречиха отрицательно относятся к богатству почвы гумусом, снижая урожайность и качество продукции.
– ***Обладать оптимальным и устойчивым запасом влаги.*** И здесь экологический оптимум отличается широким разнообразием. Рис возделывают при затоплении, для овощных культур необходимо хорошее, но не избыточное увлажнение, а виноград и сорго нормально вегетируют при влажности почвы, которая для большинства растений означают их гибель от засухи.
– ***Быть достаточно рыхлой и иметь комковато-зернистую или ореховатую структуру***, что обеспечивает свободное и глубокое развитие корневой системы растений. Черешня, яблоня, груша хорошо плодоносят только на рыхлых почвах, слива же может нормально плодоносить на плотных почвах, а для кукурузы, подсолнечника, люцерны плотные почвы – не препятствие, наоборот, они их улучшают, мелиорируют.
– ***Обладать оптимальной теплоемкостью и теплопроводностью***, быть достаточно теплой для обеспечения жизнедеятельности соответствующих растений. Здесь также характерно экологическое разнообразие. Холодные условия необходимы для картофеля, брюквы, турнепса, а яблоня, груша, слива и виноград не переносят высоких температур тропиков.

2.3. Связь плодородия почв с центрами происхождения культурных растений

Человек отбирал растения для культуры во всех природно-климатических зонах, за исключением, по-видимому, только полярного пояса. В сельскохозяйственном производстве возделываются злаки из субтропических и умеренных широт (пшеница, сорго, просо, рожь), клубнеплоды относительно прохладных территорий (картофель, топинамбур) и тропиков (ямс, батат, таро), растения широкого спектра лесных поясов (яблоня, груша, слива, абрикос, мандарин, манго) и т. д. В последние годы даже такое типично таежное растение, как брусника, и типично болотное, как клюква, становятся

объектами сельскохозяйственного возделывания. Это свидетельствует о бесчисленном разнообразии почв, которые были первоначально родными для ушедших в культуру растений. *Учение Н. И. Вавилова о центрах происхождения культурных растений становится теоретической основой исследований в области почвенной экологии сельскохозяйственных растений.*

Культурные растения сохранили в своем генетическом фонде, пусть даже измененном многовековым воздействием человека, адаптивную реакцию к первоначальной природной среде, первоначальным почвам, с которыми когда-то эти растения составляли оптимальное почвенно-экологическое единство. Данное единство определяло максимальную биологическую продуктивность. Поэтому *для эффективного использования почвенного плодородия, получения максимальных урожаев необходимо достигать такого же единства между сельскохозяйственными растениями и культурными почвами.*

Приведем несколько примеров. *Родина арбуза* – Южная Африка, где распространены красно-бурые и красно-коричневые почвы сухих саванн. Ожелезненность этих почв создает эффект опесчаненности. Особенностью почв саванн является также наличие длительных периодов почвенной засухи, сменяющейся влажными периодами. Культура арбуза во многом унаследовала экологические особенности своей родины. Арбуз практически безразличен к содержанию в почве гумуса. Высокие урожаи этой культуры получают и на многогумусных черноземах, и на малогумусных сероземах, светло-каштановых, серо-бурых пустынных и бурых полупустынных почвах при условии обеспечения их влагой.

При достаточной рыхлости и структурности почв растения арбуза дают неплохие урожаи на почвах тяжелосуглинистого и легкоглинистого гранулометрического состава, например на черноземах различных подтипов. Однако экологическая особенность арбуза – давать высокую продуктивность и хорошее качество на почвах легкого гранулометрического состава, в том числе и на слабогумусированных песках. Эти почвы малоценны для большинства других сельскохозяйственных растений, и использование их под бахчи наиболее эффективно. Нечувствительность арбуза к бедным легким почвам объясняется мощным развитием корневой системы, ее высокой способностью использовать большие объемы почвы и материнской породы. Корни арбуза проникают на глубину 4–5 м и охватывают объем 7–10 м^3 почвенной массы. Мощная корневая система обеспечивает относительную засухоустойчивость этой культуры, однако

арбуз положительно реагирует резким возрастанием урожайности и на достаточную влажность почвы. Чередование сухих и влажных сезонов характерно для саванн Южной Африки.

Замечательно описывает свои впечатления эколог-журналист, обозреватель газеты «Комсомольская правда» В. Песков: «В пустыне Калахари в позапрошлом году мы увидели родоначальников нынешних арбузов. Они лежали на раскаленной бесплодной земле россыпью – одни с теннисный мяч, другие крупнее. Любопытства ради я разрезал один. Сердцевина его желтоватого цвета была горячей и лишь чуть сладковатой. С трудом верилось, что из этого дикаря африканской пустыни выведены нынешние ароматные, сочные, сладкие великаны. Калахари по-прежнему плодит свои «теннисные мячики», спасающие от смертельной жажды животных и потерявших дорогу людей.

Невзрачные эти родоначальники хранят, как говорят биологи, генофонд изначальной формы растений, наделенных стойкостью против жары, болезней, против всяких других напастей. Если не выдержит экстремальных условий какой-либо сорт из выведенных человеком высокочтимых растений, обращаются к дикарю, скрещивают его с теряющим силу потомком. И происходит чудо – высокопродуктивный плод перенимает у дикого предка его жизнестойкость. Вот почему, занимаясь селекцией, добиваясь поразительных результатов, надо помнить о растениях-родоначальниках, знать, где они пребывают, беречь хотя бы остатки их присутствия на Земле. С этой целью снаряжают ботаники экспедиции, охраняются островки древней флоры».

Родина картофеля – горные районы Чили и Перу. Здесь прохладный климат, легкие опесчаненные почвы с слабовыветренными минералами, обогащенные калием. Это и обусловило формирование определенных экотипов картофеля, находящих оптимальные условия в нежарком влажном климате, на легких почвах (серые лесные, дерново-подзолистые, черноземы оподзоленные и др.) при повышенном калийном питании.

Родина гречихи – высокогорные влажные районы Азиатского материка (Индия, Гималаи) с промытыми небогатыми почвами. Поэтому гречиха – влаголюбивое растение, корневая система которого, выделяя различные органические кислоты, способна разлагать минералы и обеспечивать себя элементами минеральной пищи и, главным образом, фосфатами. Нетребовательна гречиха и к гумусовому содержанию почв. Наоборот, урожайность зерна гречихи снижается на богатых гумусом черноземах. Гречиха требует для своего развития также легких почв.

Наконец, главная наша культура полей – *пшеница* имеет несколько близких по природным условиям центров происхождения. Это Передняя и Средняя Азия, Средиземноморье с умеренно влажным и умеренно сухим климатом. Здесь распространены коричневые почвы, которые по всем своим характеристикам очень близки к черноземам. В них достаточно высокое содержание гумуса и зольных элементов, нейтральная реакция среды, рыхлое структурное строение, хорошие физические свойства при умеренно тяжелом гранулометрическом составе. Именно этим характеристикам отвечают лучшие пшеничные земли мира – черноземы Евразии, черноземовидные почвы североамериканских прерий и руброземы Аргентинской пампы. Произошла лишь некоторая эколого-климатическая переориентация пшеницы: из субтропического растения она стала типичной сельскохозяйственной культурой суббореального пояса, сохранив, однако, все экологические требования периода вегетации. Субтропическим прибежищем пшеницы стали пампасы Южной Америки, где, кстати, дикие ее формы не встречаются.

Субтропики со средиземноморским типом климата, в силу исторически сложившегося развития агрокультуры, стали главным мировым центром типичных субтропических многолетних растений: *цитрусовых, маслин, инжира, граната и др.* Попытки вывоза этих культур за пределы более прохладные или более теплые не принесли положительных результатов.

Такие примеры характерны практически для всех культурных растений, разве что исключая только рожь, которая вошла в культуру, будучи сначала сорным растением. А махорка стала культурным растением благодаря селекции. Именно селекционеры из вида Nicotiana tabacum создали вид Nicotiana ructica с его особыми экологическими требованиями.

В опубликованном в 1926 г. труде Н. И. Вавилова «Центры происхождения культурных растений» впервые были названы очаги формирования, в которых сосредоточены природные прообразы всего культурного растительного мира. Таких очагов оказалось пять: Юго-Западная Азия, Горный Китай, Эфиопия (Абиссиния), Средиземноморье и Центральная и Южная Америка.

Позже, в 1935 г., подводя итоги экспедиций, охвативших до 60 стран мира, включая и Советский Союз, Н. И. Вавилов опубликовал труд «Ботанико-географические основы селекции». В нем представлено оригинальное учение о географическом распределении сортовых растительных богатств земного шара. В этом труде

ученый установил восемь основных очагов мирового земледелия: I – Китайский, II – Индийский, IIa – Индийско-Малайский, III – Среднеазиатский, IV – Переднеазиатский, V – Средиземноморский, VI – Абиссинский, VII – Южно-Мексиканский и Центрально-Американский (Перуано-Эквадоро-Боливийский).

Главные регионы происхождения культурных растений Старого Света: Китай, Индия, Передняя и Средняя Азия, Закавказье, Средиземноморье.

Из Китая происходят: пшеница (широколиственная), просо, чумиза, гаолян, овес (голозерный), соя, хлопчатник китайский, ямс китайский, китайские виды капусты, редька масличная и овощная, китайские виды конопли, отдельные виды плодовых и цитрусовых, китайский вид сахарного тростника.

Индии принадлежат культурные виды аборигенного происхождения: рис, нут, фасоль, индийский вид сахарного тростника, хлопчатник индийский, конопля индийская, виды ямса и амаранта, перилла, джут, кенаф, баклажан, огурец и многие другие культурные растения.

Закавказье – родина многих видов пшеницы и ячменя, вики, многих видов плодовых (виноград, инжир, гранат, орешник, груша, айва, алыча, кизил, черешня и др.), встречающихся в настоящее время в диком состоянии.

Средиземноморские страны обогатили культурную флору такими растениями, как овес византийский и песчаный, люпин, свекла сахарная, капуста, цикорий, брюква, репа, морковь, мята перечная, маслина, миндаль, гранат, лавр благородный, каштан и пр.

К африканским аборигенным культурам относятся: арбуз, африканское просо, виды сорго, местный вид риса, горох, клещевина, виды кунжута, пальма масличная, виды кофе и т. д. Северная Африка (область Средиземноморья) служит родиной маслины и финиковой пальмы. Аборигенные культуры Эфиопии – нут, кофе, местные виды гороха, бобов; очень разнообразны виды и подвиды пшеницы и ячменя.

Америка является родиной кукурузы, фасоли, томатов, какао, батата, подсолнечника, картофеля, маниока, тыквы, перца, папайи, авокадо, агавы, хинного дерева, табака и др.

В табл. 2.1 дана сводка материалов о происхождении культурных растений, их биоклиматических особенностях и почвенно-экологических условиях оптимального произрастания. Центры происхождения даны по П. М. Жуковскому (1971), биохимический потенциал – по А. Х. Шеуджену (2004) и др.

Таблица 2.1

Практическая ценность культурных растений и их почвенно-экологический оптимум

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Зерновые культуры. Хлеба 1-й группы			
Пшеница (*Triticum vulgaris, Triticum durum*)	Передняя и Средняя Азия, Средиземноморье	Среди всех злаков у пшеницы самое выгодное сочетание белков (12–15 %) и углеводов (до 70–75 %). Зерно пшеницы – наиболее доступный источник белка, содержит витамины и целый ряд ферментов. Пшеничная мука и изготовленные из нее хлебобулочные изделия, а также крупа и отруби – не только ценные пищевые продукты, но и обладают целебными свойствами. Хлеб из пшеничной муки богат витаминами B_1, B_2, E, PP и микроэлементами. Исключительно ценны лечебные свойства пророщенной пшеницы. Масло из зародышей пшеницы богато витамином E (токоферол), полезным при лечении нервных заболеваний, при поражении мышц, бесплодии	Черноземы степей, бруниземы прерий, руброземы пампы. Коричневые и серо-коричневые почвы. Богатство гумусом, зольными элементами, нейтральная реакция среды, хорошая оструктуренность, тяжелый гранулометрический состав
Ячмень (*Hordeum sativum*)	Передняя и Малая Азия, включая Сирию, Палестину, Северный Афганистан	В зерне ячменя содержится 65 % углеводов, 7 % белка, 2,1 % жира, 2 % золы и 3,5 % клетчатки, а также большое количество витамина B_1 – тиамина. Ячмень – культура многопланового использования; его зерно идет на продовольствие, технические и кормовые цели. Из зерна ячменя вырабатывают перловую и ячневую крупу; ячменную муку применяют в хлебопечении, добавляя к пшеничной или ржаной. Зерно ячменя используют также для изготовления заменителей кофе, солодовых экстрактов, в спиртовой, кондитерской, пивоваренной промышленности	Близок к пшенице, но более засухоустойчив. Поэтому ареал сдвигается к относительно сухим темно-каштановым и серо-коричневым почвам. Мирится со слабой засоленностью и солонцеватостью, что противопоказано пшенице

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Рожь (*Secale cereale*)	Центр не значится. Произошла из сорно-полевого растения естественным отбором	Зерно ржи содержит различные витамины, 8–12 % белка, 51–69 % – крахмала, 1,6-2,6 % жира, 3,5 % клетчатки, зольные вещества, а также муин и другие аминокислоты. Обладает несомненными диетическими и лечебными свойствами. В ржаной муке, помимо витаминов, сахаров, клетчатки и жира, содержится также линолевая и другие жирные кислоты, необходимые для стимуляции сердечной деятельности. Поэтому употребление ржаного хлеба способствует профилактике заболеваний сердца. Считается, что 100 г ржаного хлеба обеспечивают потребность организма человека не только в витамине С, но и в витаминах А, Е и группы В	Разнообразные почвы от супесчаных до глинистых, от кислых до щелочных, от сухих до влажных. Жаростойка и морозостойка
Овес (*Avena sativa*)	Переднеазиатский генетический центр. Произошел от дикого овса, засорявшего посевы пшеницы	Ценное по качеству зерно овса содержит в среднем 13,5 % белка, 40 % крахмала, 13 % клетчатки, 4 % золы, 4,5 % жира, витамины и аминокислоты. Из зерна овса изготовляют крупу «Геркулес», муку, суррогат кофе, а также толокно. По содержанию белка, жира, фосфора, железа и микроэлементов овсяная крупа значительно богаче манной, пшеничной и гречневой. Пищевые продукты из овса легко усваиваются организмом, в связи с чем имеют исключительное значение в детском и диетическим питании	Широкая гамма почв различных природных зон. Более тяготеет к влажным условиям, слабокислой реакции среды. Умеренно требователен к элементам питания, в том числе и зольным. Почвы: дерново-подзолистые, серые и бурые лесные желтоземы, черноземы. Приспособлен только к умеренно теплым условиям

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Хлеба 2-й группы			
Кукуруза (*Zea mays*)	Тропики и субтропики Центральной и Южной Америки	Зерно кукурузы содержит до 60–70 % крахмала, 6,3–19 % сырого белка, 3,2–8 % жира. Кукуруза широко используется в медицине и диетическом питании. Кукурузная мука содержит витамины витаминами B_1, B_2, B_6, K, PP, каротин. Кукуруза – основной поставщик золота в организм человека, что чрезвычайно важно для работы нервной системы. Из кукурузы изготавливают около 500 (!) различных пищевых, кормовых и технических продуктов: муку, крупу, крахмал, патоку, спирт, масло, уксусную кислоту. Из отходов кукурузы получают глутаминовую кислоту, которая играет важную роль в обмене веществ головного мозга и сердца и является составной частью кроветворного витамина – фолиевой кислоты	Черноземы типичные и выщелоченные южно-европейской фации, слитоземы суббореальные и субтропические. Требует высокую влажность, большую корнеобитаемую толщу, богатство органическим веществом и элементами питания, нейтральную реакцию среды. Нормально переносит плохие физические свойства, бесструктурность почв. Очень теплолюбива. Не переносит легких почв. Культура аридной и субаридной зоны. Нейтральные и слабощелочные почвы: черноземы, каштановые, коричневые, серокоричневые. Легкие и средние суглинки с хорошими физическими свойствами и мощной средой корнеобитания. Относительно соле- и солонцеустойчива
Сорго (*Sorhum vulgaris*)	Африканские саванны	Сорго содержит до 14–15 % сахара в стеблях. Зерно сорго – ценный пищевой продукт (в странах Африки и Азии часто основной); зеленая масса, богатая сахарами – высококачественный корм, уступающий лишь кукурузе. Из соцветий сорго получают красную краску и воск; солома используется для изготовления бумаги, плетения матов, циновок	Сухие тропические и субтропические почвы, черноземы и каштановые почвы. Супесчаные и суглинистые, структурные глинистые с мощной корнеобитаемой толщей. Малотребовательно к гумусовому содержанию почв. Устойчив к засухе, солонцеватости и засоленности почв

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Рис (*Oriza sativa*)	Тропики и субтропики Юго-Восточной Азии, Индия	Зерно риса содержит 5–13 % белка, 6,8 % крахмала, 80,38 % золы, минеральные и микроэлементы. Зерна риса богаты витаминами, аминокислотами. Витаминами богаты не только зерна риса, но и рисовые отруби и зародышам. Рис – ценный диетический продукт. Он хорошо сочетается с различными продуктами питания – с мясом, рыбой, овощами	Полуаэробные почвы без определенной генетической привязанности. Доступны маломощные, малогумусные с широким диапазоном pH. В наших суббореальных условиях оптимальны для риса различные гидроморфные почвы – луговые, лугово-болотные, перегнойно-глеевые
Гречиха (*Fagopyrum sagitatum*)	Высокогорные районы Индии (Гималаи)	В семенах гречихи особенно много крахмала (до 67 %) и витамина РР – никотиновой кислоты. Гречневая крупа прекрасно сочетается со многими продуктами: мясом, молоком, овощами. Наряду с высокими диетическими достоинствами, гречиха обладает рядом целебных свойств. Ценность имеют также листья и цветки гречихи. Из цветков гречихи выделен препарат фалопирин, который применяется для профилактики и лечения кровоизлияний в мозг, сердце, сетчатку глаза, в кожу, слизистые оболочки. В листьях гречихи содержатся: хлорогеновая, галловая, пирокатехиновая и кофейная кислоты. Гликозид рутин – витамин группы Р – получают из травы гречихи и верхушек цветущих растений. Его применяют в виде таблеток «аскорутина» и рекомендуют при геморрагических диатезах, кровоизлияниях в сетчатку глаза, лучевой болезни, ревматизме, кори, скарлатине, сыпном тифе	Особая приуроченность к почвам не характерна. Влаголюбива. Требует легких рыхлых малогумусных не богатых азотом почв. Высокотребовательна к калию, не выносит засоления, солонцеватости, слитости, заболачивания

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Зерно-бобовые культуры			
Горох (*Pisum sativum*)	Переднеазиатский генетический центр	В горохе содержится большое количество хорошо сбалансированных по аминокислотному составу белков, из которых более 70 % легко усваивается организмом. Кроме белков горох содержит 8 % сахаров, 3 % жира, хорошо сбалансированы витамины группы В, минеральные элементы, а также инозит и холин, играющие важную роль в обмене веществ. Зрелые семена гороха употребляют в пищу в вареном виде. Недозревшие зеленые семена – зеленый горошек – употребляют в свежем, сушеном и консервированном виде. По калорийности зеленый горошек в 1,5–2 раза превышает все другие овощи и картофель. Продукты из гороха по физиологическим свойствам близки к белкам животного происхождения из-за содержания большой концентрации незаменимых аминокислот. В связи с этим продукты из гороха полезны при анемии, истощении, для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы. В народной медицине используют кожуру, траву и корни гороха	Коричневые почвы, черноземы. Высокие требования к влаге, гумусовому содержанию, структурности, рыхлости. Оптимальна контрольная реакция среды. Неблагоприятны легкие почвы
Соя (*Glycine hispida*, *G. max*)	Юго-Восточные районы Азии (Китай, Корея)	В семенах сои содержится много масла (17–27 %) и белка (35–55 %), крахмала (25–27 %), витамины А, С, Е и группы В. По биологической ценности соевый белок стоит на первом месте среди белков важнейших сельскохозяйственных культур, обладает высокими пищевыми и фуражными достоинствами. Соевые зерна употребляют в пищу в вареном, жареном, сушеном виде; из сои готовят муку, кофе, какао, шоколад, варенье, печенье, сыр, омлет, сгущенное молоко, соусы, супы. Соя – важнейшая часть американского питания, около 80 % масла, применяемого в кулинарии – соевое. В настоящее время сою стали широко возделывать и в России. Соевый белок близок по составу к мясному, но вдвое дешевле пшеничного, в 14 раз – молочного, в 21 раз – мясного	Культура слабокислых почв, но приспосабливается к бруниземам и серноземам. Влаголюбива. Нетребовательна к богатству гумусом. Безразлична к гранулометрическому составу в пределах: тяжелые суглинки – супеси. Очень чувствительна к засолению, солонцеватости, переувлажнению

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Фасоль (*Phaseolus vulgaris*)	Крупносеменная из тропической Америки, мелкосеменная – из Юго-Восточной Азии	Зрелые бобы (семена) фасоли содержат до 22 % белка, 50 % растворимых углеводов, 5 % минеральных солей, до 2 % жира, витамины (особенно важно наличие витамина PP, при недостатке которого, возникает тяжелое заболевание пеллагра). Из минеральных веществ в фасоли преобладают Ca, K, P, Fe, F, I. По содержанию Zn и Cu по некоторым данным занимает первое место среди овощей. Белок фасоли по своему составу очень близок к животным белкам, мясу и рыбе, а по качеству приравнивается к куриным яйцам. Он легко усваивается организмом и содержит рад жизненно необходимых аминокислот: триптофан, лизин, аргинин и др. Бобы фасоли – ценный диетический и лечебный продукт, особенно при заболевании диабетом и панкреатитом	Коричневые почвы, черноземы. Оптимальная реакция среды нейтральная. Не реагирует на карбонатность. При хорошем обеспечении элементами питания успешно возделывается на влажных субтропических почвах (бурые лесные, желтоземы). Тяготеет к тяжелому гранулометрическому составу. Неустойчива к слитости, засоленности, солонцеватости
Нут (*Cicerarietinum*)	Средняя и Передняя Азия	В пищу используют семена, плоды и ростки нута, на корм – зеленую массу и семена	Черноземы типичные обыкновенные, южные. Засухоустойчив: успешно возделывается на темно-каштановых почвах. Широкий диапазон приспособляемости к гранулометрическому составу. Культура нейтральных и слабощелочных почв. Может осваивать слабозасоленные и солонцеватые почвы. Отрицательно реагирует на переувлажнение
Масличные растения			
Подсолнечник (*Heliathus annus*)	Прерии Северной Америки	Важнейшая масличная культура. Подсолнечник содержит в семенах 50–52 % жира, фосфатиды, витамины A, D, E, K, а также витамин B_1. Кроме высокоценного масла, в семенах подсолнечника содержится 13,5–19,1 % белка, 23,9–26,5 % углеводов, 1,5 % дубильных веществ и около 2 % фитина. Подсолнечное масло – одно из наиболее полезных растительных масел. Отличается высокой калорийностью. В народной медицине применяют корни, цветки, листья, «корзинки» и стебли подсолнечника	Черноземы. Близок по экологии к пшенице. Требователен к гумусовому содержанию почв, к мощной корнеобитаемой толще, нейтральной реакции среды. Хорошо произрастает на карбонатных почвах, чувствителен к кислой реакции. Устойчив против жары, но угнетается засухой, особенно во второй половине вегетации

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Клещевина (*Ricinus communis*)	Тропические саванны Африки	Семена клещевины содержат до 60 % масла, широко применяемого в промышленности и сельском хозяйстве.	Черноземы и темно-каштановые почвы различного гранулометрического состава с мощной корнеобитаемой толщей. Умеренно требовательна к гумусовому содержанию, приспосабливается к засушливым периодам. Очень отрицательно реагирует на засоление, солонцеватость, переувлажнение
Арахис (*Arachis vulgaris*)	Южно-Американский генетический центр	Арахис называют «земляной» или «китайский орех». Содержание масла в плодах арахиса достигает 55–59 %, растительного белка – около 25 %, углеводов – 15 %, клетчатки – 5–6 %. Арахис обладает высокими кулинарными достоинствами, а также используется в практической медицине. Благодаря большому количеству витамина B_1, арахис рекомендуют при переутомлении, нервном истощении, невритах, кожных заболеваниях нервного происхождения. Большая часть арахиса перерабатывается на масло, используемое для пищевых и технических целей, по пищевым качествам оно превосходит многие другие растительные масла	Теплолюбив, влаголюбив. Требует легких хороших гумусированных почв даже небольшой мощности. На карбонатных почвах страдает хлорозом, неблагоприятны кислые засоленные и солонцеватые. Основное требование к почвам не зависимо от их типа: богатый органическим веществом и элементами питания корнеобитаемый слой мощностью около 40 см, рыхлый, хорошо увлажняемый
Сахароносные и крахмалоносные культуры			
Сахарная свекла (*Beta vulgaris*)	Средиземноморский центр происхождения	В корнеплодах содержится до 20 % сахарозы, витамины С, B_1, B_2, органические кислоты (яблочная, винная, лимонная), F, K, S, Mn, I, Co, Zn, Cu и другие микроэлементы. По питательности сахарная свекла превосходит кормовую свеклу, брюкву и турнепс. Отходы свеклосахарного производства (жом, патока) – хороший питательный корм для домашних животных. В промышленности из патоки вырабатывают спирт, глицерин, лимонную кислоту. Высока кормовая ценность бртвы, поскольку сухое вещество листьев богато протеином (до 25 %), содержит сахар, жиры, витамины и минеральные вещества	Черноземы типичные, выщелоченные, обыкновенные. Требовательна к богатству гумусом, рыхлости, большой корнеобитаемой толще, хорошей увлажненности, нейтральной реакции среды. Сопутствует пшенице

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Сахарный тростник (*Saccharum officinarum*)	Юго-Восточная Азия	Стебли сахарного тростника содержат до 10–18 % сахарозы. Свыше 60 % сахара в мире получают из сахарного тростника. Из мелассы готовят ром. Отходы используют в строительстве и на топливо	Глубоко проницаемые красно-бурые и красно-коричневые почвы с круглогодичным вегетационным периодом. Не пригодны легкие, слитые, заболоченные засоленные почвы
Картофель (*Solanum tuberosum*)	Высокогорные районы Южной Америки (Анды, Перу)	В клубнях картофеля содержится от 17 до 30 % сухого вещества, большую часть которого составляет крахмал, 3 % – белковые вещества, жира всего 0,15 %, много витаминов. Благодаря практически круглогодичному использованию картофеля в пищу, за счет него покрывается потребность организма витамине С. Клубни богаты щелочами. Пищевые достоинства картофеля заключаются в его высокой калорийности. Из него готовят супы, борщи, щи, пюре, клецки, гарниры к многочисленным закускам, мясным и рыбным блюдам. Используется в вареном, тушеном, печеном и жареном виде. Лечебными свойствами обладает картофельный сок и картофельный крахмал	Не тяготеет к определенным типам почвообразования. Главные экологические требования: умеренно-холодные условия вегетации (жаркое лето южных районов негативно сказывается на количестве и качестве урожая), легкий гранулометрический состав или высокая рыхлость черноземов, богатство почв калием, хорошая постоянная увлажненность, pH от слабокислой до слабощелочной. Крайне неблагоприятны засоленность, солонцеватость, слитость, заболачиваемость
Прядильные культуры			
Хлопчатник (*Gossypium hirsutum*)	Разные генетические и экологически обособленные центры: Центрально- и Южно-Американский, Индостанский, Африканский и Австралийский	Семена хлопчатника содержат до 22–29 % масла. Возделывают 4 вида хлопчатника как важнейшую прядильную масличную культуру	Сероземы, серо-коричневые, лугово-сероземные, руброземы, красно-коричневые и красно-бурые почвы. К гумусовому содержанию индифферентен, относительно засухоустойчив. Требует нейтральных и слабощелочных почв. Хорошо произрастает на бесструктурных слитых почвах: тырен, регуры, слитоземы. Соле- и солонцеустойчив

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Лен (*Linum usitatissimum*)	Экологически род льна приурочен к Средиземноморскому и Среднеазиатскому геоцентрам, но как культура пришел из Юго-Западной и Восточной Азии. Русские льны-долгунцы имеют среднеазиатское происхождение (Европейско-Сибирский генетический центр)	Семена льна содержат 30–48 % жира, 18–33 % белка, углеводы (12–26 %), витамин А, органические кислоты, ферменты. Лен – основная прядильная культура в странах с умеренным климатом. Лен-долгунец дает одновременно три вида продукции – волокно, семена и костру. Семена льна находят широкое применение в народной и «официальной» медицине. Льняное масло получают путем прессования семян. Оно используется при консервировании продуктов, в кулинарии, кондитерском производстве, для приготовления зеленого мыла	Умеренно-холодные и влажные почвы. Негативно относится к высоким температурам. Оптимален средне суглинистый гранулометрический состав. Благоприятны слабокислые условия почв лесных типов почвообразования бореального и суббореального поясов
Конопля (*Cannabis sativa*)	Гималайский и Европейско-Сибирский генетические центры. Центральная Азия	Содержит жирное и эфирное масла, гликозид каннабин, стероидные сапонины, филлохинон, белковые и смолистые вещества, витамин К, летучие и нелетучие алкалоиды. Цветки и трава конопли обладают антибиотическими свойствами. Стебли канапли посевной дают до 30 % волокна – пеньки. Возделывается как текстильное, пищевое и отчасти техническое (масло) растение	Хладостойка, очень требовательна к влаге и высокому содержанию органического вещества и элементов питания: среднегумусные и тучные черноземы. Имеет неглубокую корневую систему. Солонцеватые, засоленные и слитые почвы не пригодны

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Бахчевые культуры			
Арбуз (*Citrullus vulgaris*)	Южная Африка (пустыня Калахари)	Плоды арбуза обладаю высокими питательными, вкусовыми, диетическими достоинствами и ценными лечебными свойствами. В арбузной мякоти содержится до 12 % легкоусвояемых сахаров, состоящих преимущественно из глюкозы и фруктозы. В плодах арбуза много воды, витамины С, группы В, необходимые организму человека аминокислоты, микроэлементы. Плоды арбуза обладают высокими питательными, вкусовыми, диетическими достоинствами и целебными свойствами. Мякоть арбуза отличный десерт, хорошо утоляющий жажду, непревзойденное средство лечения почечно-каменной болезни, поскольку способствует растворению солей и выведению их из организма	Безразличен к содержанию гумуса, хорошо растет на легких почвах, даже супесях. Засухоустойчив, требует очень мощный Корнеобитаемый слой мощностью более 3 м. Культура нейтральных и слабощелочных почв
Дыня (*Cucumis melo*)	Средняя Азия (Афганистан и Иран)	Плоды дыни содержат хорошо усвояемые организмом человека углеводы, главным образом сахара, а также клетчатка, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, органические кислоты. В мякоти дыни много витамина А – «витамина красоты». Дыня – прекрасный диетический пищевой продукт, обладающий при этом целым рядом лечебных свойств. Благодаря высокому содержанию сахара плоды используют не только в свежем, но и переработанном виде. Дыня обладает хорошими мочегонными свойствами. Она полезна при анемии	Богатые черноземные и близкие к ним почвы среднего гранулометрического состава с нейтральной реакцией среды и хорошими физическими свойствами

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Тыква (*Cucurbita maxima, C. pepo*)	Центрально- и Южно-Американский генетический центр	Столовые сорта тыквы содержат до 90,3 % воды, 6,5–14 % сахара, 1,1 % белков, 1,2 % клетчатки, много пектина, солей калия. Тыква – «чемпион» по содержанию железа, богата крахмалом (до 13 %). Тыква обыкновенная – ценнейший продукт питания, обладающий целебными свойствами. Показан противоопухолевый эффект при употреблении тыквы. Семена и сок тыквы обладают полезными и лечебными свойствами	Относительно хладостойка и теплостойка: возделывается от нечерноземья до субтропиков. Очень требовательна к влаге, мощному корнеобитаемому слою и богатым почвам суглинистого состава с pH от слабокислых до слабощелочных условий
Овощные культуры			
Огурец (*Cucumus sativus*)	Гималайский центр влажных тропиков	В плодах огурца содержатся витамины А, С, фолиевая и пантотеновая кислоты. Примерно на 95–98 % огурцы состоят из воды. Удачное сочетание минеральных веществ, способствующих поддержанию щелочно-кислотного равновесия в крови и тканях человека. Содержит пектиновые вещества, которые положительно влияют на процесс пищеварения. Целебные свойства огурца заключаются в том, что они способствуют выведению из организма продуктов обмена. Усиливают мочегонную функцию почек	К географически типовой принадлежности почвы безразличен. Главное: 30–40 см мощности корнеобитаемого слоя почв любого происхождения суглинистого состава с высоким уровнем органического и минерального питания при хорошей аэрации и влажности с pH 6,0–8,2. Кислых, щелочных и засоленных почв не переносит
Хрен (*Armoracia rusticana*)	Европейско-Азиатский центр	Корни хрена содержат 76,7 % воды, 2,7 % азотистых веществ, 2,78 % клетчатки. Очень полезное овощное растение, богат минеральными веществами, особенно калием, кальцием, серой и активными ферментами. Витамина С содержится в 3–5 раз больше, чем в лимонах и апельсинах. Содержит витамины группы В, каротин, сахара. Широко используется в пищевых и лечебных целях. В пищу используют корень, а листья – в качестве приправы при консервировании. Листья хрена содержат алкалоиды, эфирное масло, фитонциды, которые обуславливают бактерицидные свойства	Умеренно влажные серые и бурые лесные почвы, черноземы суглинистые. На песчаных и глинистых теряет качества. Без экологической специфики к питанию. Не переносит уплотнения и солонцеватости

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Лук (*Allium cera*)	Средняя Азия, Афганистан	Содержит до 11,7 % сахаров, в частности глюкозу, фруктозу, сахарозу, мальтозу, 1,5–1,9 % белка, витамины, азотистые вещества, инсулин, ферменты, лимонную, яблочную кислоты, эфирное масло (20–130мг %), содержащее серу, которое придает растению особо резкий запах, раздражающий слизистые оболочки. Лук считается «королем» лекарственных растений. В пищу используют луковицы и листья как приправу к первым и вторым блюдам, гарнирам. Он придает пище острый и приятный запах и способствует лучшему ее усвоению. Диетологи говорят, что жареный, тушеный и пареный лук почти полностью теряет свои полезные свойства, в то время как запеченный в духовке почти полностью их сохраняет. Широк спектр применения лука в народной медицине. В официальной фармакологии используется для изготовления препаратов, применяющихся при лечении воспалительных процессов	Нет почвенно-географической специфики: широкий спектр почвенных зон. Лук использует верхние слои до 30–40 см. Они должны иметь высокую влажность и обеспеченность органикой и минеральным питанием. Необходима рыхлость, суглинистый состав и pH 5,5–8,3 без засоления и заболачивания
Чеснок (*Allium sativum*)	Средняя Азия, Индия, Средиземноморье	Богат углеводами, белками, витаминами. Содержит фитонциды, эфирное масло. Содержит редкий ультрамикроэлемент германий, который не содержится больше ни в одном естественном продукте. Этот элемент восстанавливает клапанную систему организма. Наряду с луком считается «королем» лекарственных растений. Чеснок – ценнейшее лекарственное растение и незаменимый пищевой продукт. Его употребляют в сыром виде, используют как приправу, при солении овощей, применяют в колбасной и консервной промышленности. Наиболее важное применение чеснока в традиционной и народной медицине при лечении сердца и сосудов	Как и у лука типичны высокие требования к корнеобитаемому слою до 40 см: хорошая обеспеченность элементами питания, влагой и воздухом без засоления и солонцеватости

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Капуста (*Brassica capitata, B. cauliflora, B. gemmifera, B. caulorapa, B. cauliflora subsp.*)	Средиземноморье, Китай, Евразия	Капусту называют «кладовой» витаминов. В ней содержатся практически все витамины и витамин U, предотвращающий развитие язвы желудка и 12-перстной кишки. Белокочанная капуста содержит 91 % воды, 3,8–8 % сахаров, органические кислоты, минеральные вещества, аминокислоты, микроэлементы. Капуста – важнейший продукт при всех видах терапии, в том числе лечебно-диетической. Используется круглый год в свежем, квашеном, маринованном, сушеном, жареном, вареном, тушеном виде. Самой полезной является сырая капуста. Особо полезен капустный сок, в нем обнаружен аскорбиген – самый устойчивый вид витамина С, которого в капусте больше чем в лимонах, апельсинах и мандаринах. Ценными полезными и лечебными качествами обладают также капуста цветная, брюссельская, брокколи, кольраби	Широкий почвенно-экологический диапазон при относительно неглубоком слое корнеобитания (50 см) и хорошем увлажнении. Не выносит переувлажнения, песчаных почв, хорошо растет и на севере и на юге, pH почв 5,5–8,2 без засоления и солонцеватости и переуплотнения
Баклажан (*Solanum melongena*)	Юго-восточная Азия, Индия, Бирма	Плоды баклажана содержат до 93 % воды, 2–3 % сахаров, витамины С, группы В, а также витамины Р-активной группы, по содержанию которых баклажан превосходит многие другие не только овощные, но и плодовые культуры. Баклажаны – настоящий кладезь калия. Плоды используются в домашней кулинарии и как ценное сырье для консервной промышленности. Из плодов готовят икру, соусы к мясным блюдам, жарят, маринуют	Черноземы южно-европейские, субтропические почвы с хорошим увлажнением и мощностью не менее 150 см, суглинистые и структурные глинистые. Умеренный уровень обеспеченности минерального питания, pH 6,0–8,2, без засоления и солонцеватости
Перец (*Capsium annuum*)	Центральная Америка	В перце высоко содержание витаминов, особенно витамина С и А. Перец – важнейшая овощная культура. Существует две группы сортов – сладкие (овощные) и острые (пряные). У первых плоды используют в недозрелом виде в качестве овоща, а у вторых они очень острые и употребляются в качестве пряности. Сладкие сорта имеют широкий спектр использования: в кулинарии в сыром виде, вареном, жареном и др. Перец горьких сортов используется как незаменимая приправа в кулинарии, также в консервной и ликероводочной промышленности	Без эколого-почевнной специфики в корнеодитаемом слое 30–40 см, рыхлое сложение обязательно, высокий уровень увлажнения, богатство элементами питания. Суглинки оптимальны, pH 6,0–8,3. Солонцеватость и зосоленность исключаются

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Томат (*Lycopersion esculentum*)	Южная Америка, Перу, Эквадор, Чили	В плодах томата содержатся углеводы, органические кислоты, минеральные соли, ароматические веществ аи витамины, растворимые сахара. Особое сочетание минеральных веществ и витаминов обусловливает высокую пищевую ценность томатов. Его используют в свежем, вареном, даже жареном и печеном виде. Томат не только ценный пищевой продукт, но и лекарственное растение. Плоды томата широко используют в диетическом питании, при заболеваниях, связанных с нарушением обмена веществ, особенно солевого обмена, а также для стимулирования кроветворения. Каротин, находящийся в томатах, благотворно действует на состояние кожи, предотвращая преждевременное старение.	Черноземыне и луговые почвы теплой фации, хорошо оструктуренные, рыхлые гумусированные и богатые минеральным питанием. Засухоустойчив, но лучше растет при хорошем увлажнении. Легкие почвы не удачны, pH 5,5–8,2.
Табак, махорка			
Табак (*Nicotiana tabacum*)	Центральная Америка	В листьях табака содержится 1–3 % никотина, около 1 % эфирных масел, 4 % смолы, 7–10 % белков, 4–13 % углеводов и 13–15 % золы. Табак курительный возделывают для получения листьев, из которых после сушки и ферментации изготовляют различные курительные изделия – сигары, сигареты, папиросы, трубочный и нюхательный табак. Из зеленых листьев табака получают пищевой белок. Из соцветий получают эфирное масло	Малогумусные легкие почвы разных типов: черноземы, тяжелые почвы, слитые, даже слабо засоленные. Реакция среды от слабокислой до слабощелочной
Махорка, тютюн (*Nicotiana rustica*)	Селекционное происхождение	Содержит повышенное количество никотина и возделывается для его получения в медико-биологических целях.	Богатые черноземные и темно-серые лесные почвы с высоким содержанием гумуса

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Плодовые культуры			
Яблоня (*Malus domestica*)	Леса равнин Европы и гор Кавказа, Малой и Средней Азии и др.	Плоды яблони обладают большим спектром целебных свойств. В них содержится 10,5–18,6 % сухих веществ, 0,88–1,40 % пектинов, 3,2–29 мг % витамина С, витамины, органические кислоты, клетчатка эфирные масла, 6,4–15 % сахаров (с преобладанием фруктозы). В пищу используют сырые, моченые, маринованные, вареные, печеные яблоки и сухофрукты. Содержащиеся в плодах яблочная, винная и лимонная кислоты в комплексе и витаминами и пектинами противодействуют процессам гниения в организме, способствуют его оздоровлению. Яблоки содержат большое количество йода, поэтому их рекомендуют употреблять для профилактики болезней щитовидной железы. Несомненными целебными свойствами обладает яблочный сок	Широкий диапазон типов почв субтропиков и суббореального пояса. Тропические условия не приемлемы. Требует среднего и тяжелого суглинистого гранулометрического состава, оструктуренных рыхлых почв, слабокислой, нейтральной и слабощелочной реакции среды, мощной корнеобитаемой толщи, глубокого залегания грунтовых вод, отсутствия засоленности, солонцеватости и заболоченности
Груша (*Pyrus comunis*)	Европейско-Азиатский центр	Плоды груши ценятся за несомненные пищевые достоинства и целебные свойства. В плодах груши содержатся витамины С, Р-активные вещества, сахара, клетчатка. Груши превосходят яблоки по содержанию хлорогеновых кислот, которые обладают капилляроукрепляющим и желчегонным действием. Наиболее важным биологически активным соединением, содержащемся в плодах груши, является арбутин, связанный с предупреждением ряда заболеваний почек и мочевого пузыря. Плоды употребляют в сыром и переработанном виде: готовят варенье, повидло, вино, наливки, соки и сухофрукты	Требования к почвам такие же, как и у яблони. Некоторые экологические особенности создают подвои. Груша, привитая к айве, переносит засоленные почвы с близким уровнем грунтовых вод
Черешня (*Cerasus avium*)	Средняя и Южная Европа, Иран	Черешня содержит много сахаров (до 18 %). Черешня обладает ценными лечебными свойствами и высокими десертными и технологическими качествами. Плоды употребляют в пищу как в свежем, так и переработанном виде (компоты, варенье, фруктовые консервы)	Хорошо растет на разных типах почв с мощным более 2,5 м корнеобитаемым слоем. Очень требовательна к рыхлости, предпочитает легкие, даже супесчаные почвы. Совершенно не переносит уплотнение, засоление, солонцеватость

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Слива (*Prunus domestica*)		Плоды сливы содержат сахара (до 18 %), с преобладанием сахарозы и фруктозы, аминокислоты, органические кислоты, пектиновые вещества и ряд витаминов, очень много Р-активных веществ.Плоды сливы приятны на вкус и широко используются в кулинарии для приготовления соков, настоек, наливок, муссов, варенья, желе, сухофруктов. Особой популярностью пользуется чернослив – сушеные черные сливы – клетчатка и сахаристые вещества которого усиливают перистальтику кишечника	Почвы различных типов суббореального и субтропического поясов. Гранулометрический состав суглинистый и глинистый. Допустимо уплотнение почвы
Вишня (*Cerasus vulgaris*)		Плоды вишни богаты биологически активными, дубильными и красящими веществами, обладают Р-активными свойствами и действуют как антирадиационное, тонизирующее и противогипертоническое средство. Содержащиеся сахара представлены в основном глюкозой и фруктозой. Установлено, что для нормальной жизнедеятельности организма человек должен употреблять 5–6 кг вишни в год. Плоды вишни весьма ценны с точки зрения процесса кроветворения	Экологически близка к сливе
Абрикос (*Armeniaca vulgaris*)		Абрикос обыкновенный занимает одно из первых мест среди плодовых по пищевой и лечебной ценности. В нем высоко содержание витамина А, содержатся витамины группы В, Р-активные вещества, минеральные соли, микроэлементы. Абрикосы полезны при малокровии, так как содержат соли железа, принимающие участие в процессах кроветворения. Абрикос употребляют в сыром виде, сушеном – курага. Абрикосовый сок – хорошее поливитаминное средство, содержащее соли калия и железа, крайне необходимые для нормальной жизнедеятельности сердца	Черноземы и темно-каштановые почвы. Относительно засухоустойчив. Требует высокой мощности корнеобитаемой толщи. Хорошо растет на почвах с высоким содержанием извести. Неплохо растет на легких почвах. Солеустойчив

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Айва (*Cydonia oblonga*)	Кавказ, Средняя Азия	Семена содержат до 20 % слизи, легко растворимой в воде, 0,53 % гликозида амигдалина, крахмал, дубильные вещества, фермент эмульсии, 8,15 % жирного масла, содержащего глицериды миристиновой и изоолеиновой кислот. В зрелых плодах содержатся до 6,27 % фруктозы и другие сахара, дубильные вещества, органические кислоты, а именно: яблочная, лимонная, а также эфирное масло. В кожице плодов найден энантово-этиловый и пеларгоново-этиловый эфир, придающие плодам специфический запах. Сок из плодов содержит около 3,5 % яблочной кислоты, сахар и камедь. Плоды в сыром виде малосъедобны. Из свежих плодов приготавливают прохладительные напитки. Сушеные плоды используют для приготовления слизистых отваров. Плоды используют в пищевой промышленности	Разнообразные типы почв широкого диапазона гранулометрического состава. Устойчива к заболачиванию, засолению и уплотнению почв
Орехоплодные культуры			
Грецкий орех (*Jylans regia*)	Среднеазиатский генетический центр	Орехи сдержат около 18–25 % белка, до 75 % высыхающего жирного масла, калорийность в несколько раз превышает лучшие сорта свинины и в 7 раз выше, чем у говядины. Ядра грецкого ореха содержат витамины. По количеству витамина С незрелые плоды не имеют себе равных. Плоды ореха употребляют как в свежем, так и поджаренном (каленом) виде. Из ядер изготавливают ореховую пасту и ореховое масло. На Кавказе добавляют в самые разнообразные блюда. Используют также для изготовления различных косметических препаратов	Коричневые и серо-коричневые почвы, черноземы, серые и бурые лесные, желтоземы. Необходимы слабокислые, нейтральные и слабощелочные почвы среднего и тяжелого гранулометрического состава, рыхлые, структурные. Засоление и солонцеватость очень негативны

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Фундук, лещина (*Corubus avellana*)		Обладает высокими диетическими и лечебными свойствами. Ядро богато белками (18–22 мг %), углеводами (3–10 мг %) и минеральными солями. Используется для получения высококачественного масла, обладающего хорошими пищевыми свойствами, близкого по вкусу и запаху к миндальному и широко применяемого в кондитерском производстве. Ядра употребляют в сыром и поджаренном виде как лакомство; в целом и дробленом виде – в домашней кулинарии и кондитерском производстве. Используются в лакокрасочной промышленности. Кроме плодов целебными свойствами обладают листья и кора лещины	Лесные почвы суббореального и бореального пояса: дерново-подзолистые, серые и бурые лесные, дерново-карбонатные. К мощности почв неприхотлив; осваивает неполноразвитые, смытые и деградированные почвы склонов
Виноград, чай, субтропические плодовые			
Виноград: *Vitis Vinifera* – европейско-азиатский; *Vitis Amurensis*- восточно-азиатский; *Vitis Piparia, Vitis Lobrusea* – американский и др.		В ягодах винограда содержится 0,5–1,4 % органических кислот, 0,3–1,5 % минеральных веществ, 0,1–0,9 % белковых веществ, 0,3–1, % пектинов. В значительном количестве содержится витамины B_1 и B_2, а также фолиевая кислота, сахара. Ягоды винограда обладают приятным вкусом и специфическим ароматом, оказывают антимикробное действие, что особенно характерно для мускатных сортов. Употребляется в свежем, вяленом (изюм, кишмиш), так и переработанном виде (компоты, варенье). Целеьными свойствами обладает и виноградный сок. Особая роль винограда – приготовление виноградного вина	Широкая экологическая приспособленность к разным типам почвообразования при общем тяготении к теплым сухим почвам субтропиков. Нейтральная реакция среды, средний гранулометрический состав, некоторая секретность, малая гумусность почв – наиболее общие оптимальные условия. Отличительная черта виноградного растения – высокая экологическая чувствительность к изменениям почвенных условий произрастания, четко отражающаяся на качестве конечной продукции и особенно на виноматериалах

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Чай (*Thea sinensis*)	Юго-Восточная Азия, Индия	Специально ферментированные листья чайного куста под общепринятым названием «чай» обладают исключительно высокими диетическими и целебными свойствами. В чае большое количество кофеина, дубильных и других полезных веществ. 90 % витамина С извлекается из сухого чая и хорошо сохраняется при правильной заварке. Особые целебные свойства у зеленого чая, он менее ароматен, чем обычный чай, но физиологически более активен, витамина С в нем в 2 раза больше, чем в черном чае	Кислые субтропические почвы (желтоземы, красноземы). В тропиках – обязательно горные районы с относительно прохладным климатом. Незаменимы: сильно кислая реакция среды, малая гумусность, высокое увлажнение. Непригодны: нейтральная и щелочная реакция среды, карбонатность
Апельсин (*Citrus sinensis*)	Средиземноморский генетический центр	Содержит до 12 % сахаров, 0,6–2 % лимонной кислоты, до 65 мг % витамина С. Обладает многими целебными свойствами. Апельсиновый сок – эффективное средство при атеросклерозе, гипертонической болезни. В кожуре апельсина обнаружено несколько видов эфирных масел, которые используются при изготовлении фруктовых напитков, в ликероводочном производстве, а также в парфюмерии	К почвенным условиям пластичны, однако яркая товарная выраженность наблюдается только на коричневых субтропических почвах. При достаточной увлажненности не требователен к гумусовому содержанию, реакции среды, мощности корнеобитаемой толщи, гранулометрическому составу

Продолжение табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Мандарин (*Citrus reticulata*)		В мякоти плодов и соке содержатся Р-активные вещества, каротин, сахара, органические кислоты. Плоды мандарина имеют не только приятный сладкий или кисло-сладкий вкус, но и широко используются в лечебных целях. Плоды мандарина – ценный диетический продукт. Их употребление, особенно зимой, способствует повышению стойкости организма к различным заболеваниям	По требованиям к почвам близок к апельсину
Лимон (*Citrus linon*)	Юго-Восточная Азия	Лимон – универсальное лечебное и косметическое средство, укрепляющее здоровье и улучшающее внешность человека. Около 86–89 % плода составляет вода, до 3,6 % сахара, органические кислоты, высоко содержание витаминов С, А, B_1 и B_2 Р-активных веществ. Витамина С в кожуре в 3 раза больше, чем в мякоти. Лимон широко используется в кулинарии, кондитерском деле, в народной и «официальной» медицине. Применяется при весеннем недомогании, начавшейся ангине, а также при заболеваниях желудочно-кишечного тракта	Желтоземы, красноземы, коричневые почвы. Влаголюбив

Окончание табл. 2.1

Культура	Центры происхождения растений	Биохимический потенциал, практическая ценность	Лучшие почвенные условия
Инжир, фиговое дерево, смоковница обыкновенная (*Ficus carica*)	Средиземноморье, Малая Азия, Иран	Созревшие соплодия инжира обладают высокими пищевыми достоинствами и ценными лечебными свойствами. Это высококалорийный пищевой продукт, содержащий до 40 % сахаров, белки, много микроэлементов, органических кислот, ферменты. Наиболее ценным продуктом является сушеный инжир. Плоды инжира полезны при сердечно-сосудистых заболеваниях, а также для улучшения пищеварения	Наиболее успешно произрастает на тяжелых коричневых почвах, в том числе содержащих известь, однако распространен на всех типах субтропических почв от кислых до слабощелочных
Гранат (*Punica granatum*)	Средняя и Малая Азия, Закавказье	Плоды граната содержат большое количество щелочных металлов, калий, фосфор, витамины B_1 и С. Плоды граната едят в свежем виде или готовят из них сок, экстракт, сироп и освежающие напитки. Гранатовый сок обладает сильным общеукрепляющим действием, является биогенным стимулятором, употребляется при малокровии	Очень нетребователен ко всем субтропическим почвам: от кислых до щелочных и от песчаных до глинистых
Хурма (*Diospyros lotus*)	Юго-Западная Азия	В плодах хурмы кавказской содержится до 61 % витамина С и каротин. Плоды хурмы восточной содержат гликозиды (68 %), флавоноиды (0,53 %), йод (49,7 %), витамин С, органические кислоты, марганец, магний, свинец, медь, железо. Плоды содержат также глюкозу и фруктозу, дубильные вещества галловой группы и др. Консервированный сок из плодов хурмы восточной применяется при тиреотоксикозе. Сок готовится из свежих плодов с добавлением 20 % спирта. Из плодов хурмы готовят сгущенный сок (хурма-дошаб), который получают путем выжимания плодов. Применяют при гипертонии, малокровии, как отхаркивающее средство при катарах дыхательных путей. Тропические виды хурмы дают черную древесину – эбеновое дерево, которое идет на мебель, музыкальные инструменты	Тяжелые почвы субтропического ряда хорошо увлажненные. Очень благоприятны аллювиальные почвы

На протяжении тысячелетий происходила миграция культурных и дикорастущих растений. Часто культурные растения переселяются из стран их вторичного освоения. Иногда их дикорастущие формы встречаются на значительных площадях в странах, далеких от аборигенного происхождения, если экологические условия климата и почв почти идентичны первоначальным. Такое явление, в частности, наблюдается в отношении абрикоса, грецкого ореха и других растений в лесах Кавказа и Средней Азии, а также цитрусовых культур в Южной Америке.

Экологически оценивать отдельные характеристики почв и почвенный покров в целом в отношении плодородия для растений следует весьма осмотрительно. Почва – целостная система, где все взаимосвязано и взаимообусловлено. Одно качество, положительное для тех или иных растений, может быть отрицательным для других.

С позиций эколога, все растения можно объединить в три группы:

- растения широкого экологического оптимума;
- растения ограниченного экологического оптимума;
- растения узкого экологического оптимума.

Оптимум имеет очень конкретное содержание и разделяется, прежде всего на биоклиматический и почвенный.

Биоклиматические условия произрастания растений предусматривают отношение их к следующим показателям: температуре, теплу, хладостойкости, морозоустойчивости, жароустойчивости, продолжительности вегетационного периода, необходимости периода покоя, водоустойчивости, засухоустойчивости, влаголюбивости, продолжительности светового дня, интенсивности инсоляции и др.

Почвенный оптимум для растений широк и разнообразен и является основным содержанием учения о плодородии почв. Основные составляющие почвенных условий, которые для разных растений имеют широкий, ограниченный или узкий оптимум, таковы: органическое вещество, мощность корнеобитаемого слоя, pH, гранулометрический состав, физическое состояние почвы, почвенная влага, элементы минерального питания растений и т. д. Это отдельные частные характеристики почв, которыми обладает любая почва в разном количественном проявлении. Практик и исследователь имеет дело с конкретными почвами, разнообразие которых велико и зависит от притока на поверхность Земли тепла и влаги. Центры происхождения растений в преобладающем большинстве насыщены конкретным биоклиматическим и почвенным содержанием.

Как бы далеко ни ушли культурные растения в своем внешнем соматическом проявлении, созданном творчеством человека, они

сохранили практически неизменным свой генетический фонд. Этот фонд закрепил в себе экологическую приспособленность к условиям внешней биоклиматической и почвенной среды, к условиям обитания далеких предков. Однако обширность биоклиматического ареала отдельных растений не гарантирует им всеобщий почвенный экологический оптимум.

Таким образом, возделываемые человеком растения имеют своих родоначальников в разнообразных условиях природной среды. Они сохранили в своем генетическом фонде, пусть даже неузнаваемо измененном многовековым воздействием человека, адаптивную реакцию к первоначальной природной обстановке, включая и почвы, с которыми когда-то эти растения составляли оптимальное почвенно-экологическое единство. Поэтому для эффективного использования почвенного плодородия, получения максимальных урожаев необходимо достичь такого же единства между сельскохозяйственными растениями и культурными почвами.

3. ПЛОДОРОДИЕ КАК ОПТИМУМ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ГУМУСОМ И ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ

3.1. Гумус и плодородие почв

Гумификация – глобальный процесс, встречающийся во всех без исключения почвах. Это главная и всеобщая черта почвообразования, отражение биологического круговорота веществ в свойствах почв. Если интенсивность разложения растительных остатков слабее, чем их поступление, то в верхней части почвы образуются ***органогенные горизонты***: лесная подстилка (A_0), степной (A_0) и торфяной ($A_т$) войлок. При оптимальном сочетании процессов минерализации и гумификации в результате гумусообразования в почвах формируются ***гумусово-аккумулятивные горизонты*** различного типа и мощности. Разнообразие определяется разнокачественным характером гумификации и сочетанием аккумуляции гумуса с другими процессами. В черноземах и каштановых почвах гумусовый профиль определен горизонтами А, АВ. В лесостепных почвах гумусовые горизонты отличаются большой сложностью – A_1, A_2A_{2g}, A_1G. Серые лесные почвы характеризуются следующим выбором почвенных гумусовых горизонтов: A_1, A_1A_2, A_1B_{ti}. Подтипы бурых лесных почв неодинаковы по характеру горизонтов: кислые и насыщенные почвы – A_1, A_1B_{ti}; лессивированные почвы – A_1, A_1A_{2i}, A_1B_t. Все эти генетические гумусово-аккумулятивные горизонты служат основой плодородия почв, кладовой их богатства.

Гумус – понятие не только химическое и биологическое, но и экологическое в очень широком понимании, от требования отдельного растения до формирования гумосферы Земли.

В процессе эволюции жизни при почвообразовании возникло сложное и целесообразное единство растений и почвенных условий, а в более узком смысле – растений и гумуса, с которыми неразрывно связаны многие свойства и явления в почвах.

При оценке экологической роли гумуса всегда подчеркивается его положительное значение в связи с образованием агрономически ценной структуры, которая в конечном итоге создает для растений благоприятные водно-воздушные свойства. Главную структурообразующую роль выполняют гуматы кальция и железа. Это очень водоустойчивые структурообразователи с высокими клеящими свойствами.

Возможное количественно-качественное гумусовое состояние почв показано в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Показатели гумусового состояния почв (Гришина, Орлов)

Признак	Уровень	Пределы величин
Содержание гумуса, %	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	Более 10 6–10 4–6 2–4 Менее двух
Запасы гумуса в слое 0–100 см, т/га	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	Более 600 400–600 200–400 100–200 Менее 100
Обогащенность азотом, C : N	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	Более 5 5–8 8–11 11–14 Менее 14
Тип гумуса $C_{гк} : C_{фк}$	Фульватный Гуматно-фульватный Фульватно-гуматный Гуматный	Менее 0,5 0,5–1 1–2 Более 2

Гумусовые вещества оптимизируют для растений многие физические характеристики почвы. Чем выше содержание в почвах органических веществ, тем шире диапазон физической спелости, т. е. почвы могут обрабатываться в более широком интервале влажности. Многогумусные почвы легко обрабатываются, менее податливы к уплотнению. Высокая плотность почв (слитость) и высокая гумусность – понятия несовместимые.

Почвенный гумус отличается типичными характеристиками гидрофильных коллоидов. Он увеличивает водоудерживающую способность почв, так как способен поглощать значительное количество воды. Гумусовые вещества обладают высокой обменной поглотительной способностью. Это уникальное экологическое свойство почвы. Биофильные элементы одновременно и удерживаются коллоидами от вымывания за пределы почвы, и в то же время легко доступны корневым системам растений.

Высокая поглотительная способность гумусовых веществ обеспечивает почвам еще одно замечательное экологическое качество. Вместе с другими коллоидами почвы они обеспечивают почве ее буферность, т. е. способность противостоять вредному воздействию кислотных и щелочных растворов (в том числе дождей) и поддерживать плодородие почвы на определенном уровне pH.

Известна физиологически активная и ферментативная роль гумуса. Стимулирующий эффект на растения описан многими авторами. О. С. Безуглова (2001) провела опыт по выяснению влияния гумусовых веществ на рост пшеницы Харьковская-46. Растения выращивались на дистиллированной воде с раствором гумата натрия и фульвокислот из черноземов предкавказского и южного и темно-каштановой почвы. Использовалась концентрация в 0,0006 %. Результаты опыта показали, что фульвокислоты и гумат натрия, выделенные из разных почв, действуют неодинаково. Фульвокислоты из черноземов оказывают больший стимулирующий эффект на рост корневой системы, чем гумат натрия из этих почв. Гумат натрия из каштановой почвы, наоборот, действует с большим эффектом, нежели фульвокислоты. Отмечено также хорошее развитие всасывающей зоны корней – гумусовые вещества стимулируют появление и рост корневых волосков. В. А. Ковда (1973) указывает, что стимулирующий эффект физиологически активных веществ особенно заметен в неблагоприятных экологических условиях (высокая температура или избыточное увлажнение). Исследования О. С. Безугловой подтвердили это положение. Наибольший физиологический эффект оказали гумусовые вещества из каштановой почвы, меньший – из чернозема.

Стимулирующее действие гумусовые вещества оказывают только в определенных концентрациях. А. И. Карпухин и Л. Г. Еремина (1979) в течение вегетационного периода изучали влияние на рост и развитие кукурузы различных концентраций фульвокислот при опрыскивании и внесении в питательный раствор (от 10 до 200 мг на сосуд). Установлено их возрастающее положительное действие. Однако при опрыскивании возрастающими концентрациями (от 0,006 до 0,120 %) вначале наблюдается стимулирующее действие, а затем резкое угнетение растений.

В. А. Ковда (1973), ссылаясь на исследования Эрнандо Фернандеса, отмечает, что гумусовые кислоты влияют на рост и развитие растений в двух направлениях: хиноновые и фенольные группы образуют восстановительную систему и влияют на дыхание, аминокислотная и белковая части молекул гуминовой кислоты воздействуют на процессы синтеза.

Стимулирующая роль гуматов широко используется в практике выращивания черенков-саженцев кустарниковых культур. В присутствии гуматов они намного быстрее дают рост корней. В Ботаническом саду РГУ (ЮФУ) уже давно используется этот прием. Гумусовые удобрения имеют спрос у огородников и садоводов, обес-

печивая коммерческий успех фирмам, их производящим. Однако характерна неодинаковая требовательность различных растений к гуматам (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Группы сельскохозяйственных растений на реакции на гуминовые кислоты (по Христевой)

Уровень реакции	Растения
Очень сильно реагирующие	Томаты, картофель, свекла
Хорошо реагирующие	Пшеница, ячмень, овес, просо, кукуруза, рис, житняк, люцерна
Слабо реагирующие	Горох, фасоль, чечевица, арахис, хлопчатник, маш, кунжут
Почти не реагирующие	Подсолнечник, клещевина, кенаф, тыква

У растений, в том числе культурных, нет единообразия требований к содержанию гумуса в почвах. Экологический оптимум содержания гумуса в почвах для разных растений варьирует (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Группировка сельскохозяйственных растений по отношению к содержанию органического вещества в почвах

Очень требовательные	Требовательные	Умеренно требовательные	Малотребовательные	Безразличные	Богатство гумусом снижает качество продукции
Зерновые культуры					
–	Пшеница, ячмень, кукуруза	Овес, просо, рис	Рожь, сорго	Гречиха	Гречиха
Зерновые бобовые культуры					
–	Горох, подсолнечник, клещевина, арахис	Фасоль, арахис	Соя, нут	–	–
Сахароносные и крахмалоносные культуры					
–	Сахарная свекла, картофель	Картофель	Сахарный тростник, батат, ямс	–	–
Прядильные культуры					
Конопля	–	Лен	Хлопчатник, лен	Хлопчатник	–
Бахчевые культуры					
–	–	Дыня, тыква	Дыня, тыква	Арбуз	–
Табак, махорка					
–	Махорка	Махорка	–	–	Табак

Окончание табл. 3.3

Очень требовательные	Требовательные	Умеренно требовательные	Малотребовательные	Безразличные	Богатство гумусом снижает качество продукции
Кормовые культуры					
–	–	Вика, костер безостый, суданская трава	Лядвенец рогатый, вика, тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа сборная, костер безостый, суданская трава, люцерна, клевер, эспарцет, донник	Лядвенец рогатый, тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа сборная, люцерна, клевер, эспарцет, донник	–
Орехоплодные культуры					
–	–	Грецкий орех	Грецкий орех, фундук	Фундук	–
Виноград, чай, субтропические плодовые					
–	–	Апельсин, мандарин, инжир, хурма	Виноград, чай, апельсин, мандарин, гранат	–	Виноград, чай
Овощные культуры					
Томат, огурец, морковь	Томат, огурец, морковь, салат, свекла, пастернак, петрушка	–	–	–	–
Плодовые культуры					
–	–	Яблоня, груша, черешня, слива, вишня, абрикос, айва	Абрикос, айва	–	–

Неоднозначность тезиса о гумусе как детерминаторе плодородия. Для обширных площадей степной зоны России и сопредельных государств давно установлена общая зависимость возрастания плодородия почв с увеличением мощности гумусовой толщи и запасов гумуса. Однако для условий Северного Кавказа – региона, обладающего наивысшим плодородием черноземов, начиная с мощности гумусовых горизонтов 150 см и запасов гумуса около 600 т/га, дальнейшее возрастание показателей не приводит к увеличению урожайности (Вальков, 1982). В Краснодарском крае встречаются предгорные черноземы с запасами гумуса около 1000 т/га, но рекордов по сбору зерна здесь никогда не наблюдалось. Зато хорош картофель! Но вся причина в прохладном лете.

При рассмотрении органического вещества как критерия урожайности действует закон экологической кривой, т. е. в нашем случае увеличение количества гумуса в почвах ведет к повышению урожайности до некоторого предела, стабилизируя ее на какой-то определенной величине, неодинаковой для разных почв.

Гумусовое состояние почв не следует оценивать прямолинейно, однозначно и категорично: чем больше в почвах органического вещества, тем выше уровень их эффективного плодородия. Вот несколько примеров. На орошаемых безгумусных субтропических почвах урожайность зерновых культур может быть намного выше, чем на черноземах. На практически безгумусных желтоземах в 1999 г. в Сочинском районе мы наблюдали посевы овса выше 1,5 м. Растение арбуза совсем безразлично к гумусовому состоянию почв. Прекрасно плодоносят арбузы на черноземах и на полупустынных почвах Астраханской области, а еще лучше на безгумусных песках в черноземной зоне. Вредно сказывается большое количество гумуса на урожайности гречихи. В свое время С. А. Захаров проводил опыт выращивания гречихи на так называемом «развернутом разрезе»: посев проводился на верхнем плодородном и нижних малогумусных горизонтах почвы. Различие было минимальным! Гречиха индифферентна к количеству гумуса в почве. Табак не выращивают на богатых черноземах: качество его резко снижается. Он возделывается на слабогумусированных почвах. Для винограда в условиях Северного Кавказа оптимальны запасы гумуса в почвах от 100 до 325 т/га (Вальков, Фиськов, 1982). Выше и ниже этих пределов урожайность и качество продукции снижается. На богатейших черноземах Краснодарского края промышленные плантации винограда ограничены из-за низкого качества получаемого сырья.

Динамика и стабилизация гумусового состояния в почвах. Географическая парадигма развития почв состоит в следующем: в процессе генезиса каждая почва и все ее свойства стремятся к устойчивому равновесию с окружающей средой. При неизменности факторов почвообразования вся система находится в стабильном состоянии, поддерживаемом обменом веществ и энергии между почвой и окружающей средой. Изменения же в окружающей среде неизбежно вызывают перестройку всей почвенной системы. В климаксных целинных почвах стабильно равновесие: поступление органических остатков – гумификация – минерализация гумуса. Это устоявшееся веками равновесие сохранялось до распашки черноземов. Резкое нарушение равновесия связано с сокращением притока органических веществ с пожнивными и корневыми остатками культурной

растительности. Это неизбежно вызывает процессы дегумификации. В силу закона не прямолинейности, а *парабололинейности* условий почвообразования и свойств почв, в начальные периоды антропогенезного развития почвообразовательного процесса наблюдается резкое снижение запасов гумуса в черноземах. Затем темпы дегумификации ослабевают до установления климаксного равновесия: поступление почвенных и корневых остатков в почву – гумификация – дегумификация. Чем выше урожайность сельскохозяйственных растений, чем больше органического вещества (в том числе и соломы, оставленной на черноземных почвах), тем скорее наступает устойчивое равновесие: гумификация – дегумификация. Внесение органических удобрений и посев трав ускоряет этот процесс.

К сожалению, оптимальные дозы навоза должны быть не менее 10 т/га в год, что не выполнимо при современном уровне животноводства и механизации сельского хозяйства. Урожайность же пшеницы в богарных условиях, приближающаяся по количеству оставляемого в почве органического вещества к целинной степи, должна составлять не менее 60 ц/га. Для такой урожайности необходимо среднегодовое количество атмосферных осадков около 600 мм. Пары не решают проблему, так как дегумификация на паровых полях происходит особенно интенсивно. Для черноземов остается актуальным тезис: борьба за влагу – борьба за урожай, и как следствие этого – противодействие явлениям дегумификации.

В разных почвах степной зоны темпы дегумификации неодинаковы. Давно известен факт: более богатые в прошлом черноземы теряют гумус намного больше, чем малогумусные подтипы. Это достоверно подтверждено и исследованиями за последние десятилетия. По мере снижения содержания в почвах органического вещества темпы дегумификации снижаются. Отсюда неизбежно следует вывод, что в земледелии обязательно наступит период стабилизации гумусового состояния черноземов в соответствии с относительной стабилизацией гумусового состояния. Не стоит драматизировать дегумификацию как катастрофический процесс. Важнее другое: происходит ли снижение урожайности растений при одинаковых уровнях экономических затрат. Так вот, ретроспективный анализ урожайности зерновых культур и производства зерна на Северном Кавказе показывает: несмотря на явные факты дегумификации черноземов исторически, рост урожайности неизбежен.

К сожалению, среди прогнозов ухудшения состояния черноземов часто встречаются просто нелепые. Например, в работе Ю. Ф. Янчковского (1999) говорится, что через 100 лет в пахотном слое черноземов

останется около 1 % гумуса, объемная масса увеличится до 1,59–1,85 г/см^3, содержание поглощенного кальция уменьшится до 40,3 %, дыхательная способность снизится до нуля. Ошибочность расчета заключается в принятии прямолинейного характера снижения содержания гумуса, на котором базируются все расчеты. Однако уже давно установлено (Орлов, 1990), что дегумификация не носит прямолинейный характер и максимальное снижение содержания гумуса отмечается в первые годы после распашки, когда целинные почвы теряют детрит, не полностью разложившиеся органические остатки. Далее процесс дегумификации замедляется и стабилизируется на качественно другом уровне. Ошибочность суждений о темпах дегумификации связано с неправильной интерпретацией исходных данных.

Оценка плодородия почв по гумусовому состоянию и климатическим условиям. Слабая роль гумуса в формировании урожая наблюдается на орошаемых почвах, где урожай практически не зависит от содержания гумуса. На полупустынных почвах Калмыкии с крайне низким содержанием гумуса при орошении получают очень высокие урожаи пшеницы и риса. В то же время в Пензенской области на черноземах с содержанием гумуса около 8 % и количестве осадков большем, чем в Ростовской области, средняя урожайность не превышает 12–15 ц/га.

По климатическим условиям черноземная зона считается территорией неустойчивого увлажнения. Нигде нет районов, которые можно было бы классифицировать как умеренно влажные. Здесь плодородие земель зависит от осадков выпадающих в данном году. Еще дореволюционная Россия показывала примеры такой безысходной зависимости. Это – катастрофическая засуха начала 90-х годов XIX и 20-х годов XX столетия. А в 1909 г. Россия собрала исключительно богатый урожай зерновых и вышла по производству хлеба в том году на первое место в мире. Треть урожая была продана на экспорт.

Долгое время естествоиспытатели считали, что гумусовое состояние чернозема интегрально определяет плодородие почвы. Но отчего зависит гумумсовое состояние? Прежде всего зависит от интенсивности биологического круговорота, определяемого притоком вещества и энергии растительных остатков в определенных географических условиях. Установлена зависимость интенсивности гумификации от периода биологической активности.

Для черноземных автоморфных почв, не осложненных негативными для сельскохозяйственных растений родовыми признаками (солонцеватость, засоленность, уплотненность, слитость, эродиро-

ванность и др.), а также при однородном тяжелосуглинистом и легкосуглинистом гранулометрическом составе, плодородие почв и производительная сила агроценозов определяются комплексом физико-географических условий, и в первую очередь – количеством выпадающих осадков.

В табл. 3.4 приведена сравнительная балльная оценка почв Ростовской области по гумусовому состоянию и количеству выпадающих осадков. Бонитировочные баллы по гумусу приведены по материалам ЮжНИИгипрозем (Лобанов, Чешев и др., 1997). Нами рассчитаны баллы оценки пашни по количеству выпадающих осадков. За 100 баллов взято среднегодовое количество осадков, равное 600 мм.

Таблица 3.4

Оценка пашни для зерновых культур по природным показателям почв и количеству выпадающих осадков (Ростовская область)

Район	Преобладающие почвы*	Осадки, мм	Баллы бонитета	
			по гумусу	по осадкам
Азовский	Чо т^{ш}	500	69	83
Аксайский	Чо^{ш}	497	72	82
Белокалитвенский	Чю^{п}	419	48	69
Боковский	Чю^{п}	440	52	73
Волгодонский	К т^{п}	409	62	68
Верхнедонской	Чю^{п}	412	51	68
Веселовский	Чо т^{ш}	397	69	66
Дубовской	К ^{п}	365	43	61
Егорлыкский	Чо т^{ш}	525	86	88
Зерноградский	Чо т^{ш}	498	83	83
Зимовниковский	К ^{п}	379	49	63
Кагальницкий	Чо т^{ш}	482	81	80
Кашарский	Чю^{п}	413	50	69
Красносулинский	Чо^{ш}	418	66	69
Куйбышевский	Чо^{ш}	400	75	67
Мартыновский	Чю^{п}	409	70	68
Матвеево-Курганский	Чо^{ш}	422	76	70
Миллеровский	Чю^{п}	451	55	75
Милютинский	Чю^{п}	372	51	62
Морозовский	К т^{п}	377	64	63
Мясниковский	Чо^{ш}	454	79	75
Неклиновский	Чо^{ш}	454	80	75
Обливский	К т^{п}	388	59	65
Октябрьский	Чо^{ш}	413	74	70
Орловский	К т^{п}	372	63	63

Окончание табл. 3.4

Район	Преобладающие почвы*	Осадки, мм	Баллы бонитета	
			по гумусу	по осадкам
Песчанокопский	Чо т^{ш}	462	78	77
Пролетарский	Чю^{п}	417	63	69
Родионово-Несветаевский	Чо^{ш}	397	77	66
Сальский	Чо т^{ш}	453	71	75
Семикаракорский	Чо т^{ш}	418	68	69
Советский	Чю^{п}	388	66	65
Тарасовский	Чю^{п}	455	53	76
Тацинский	Чю^{п}	408	51	68
Усть-Донецкий	Чо^{ш}	423	63	70
Целинский	Чо т^{ш}	435	80	73
Цимлянский	К т^{п}	388	59	65
Чертковский	Чю^{п}	422	53	74

Примечание. Название почв: Чо т^{ш} – черноземы обыкновенные очень теплые, мощные; Чо^{ш} – черноземы обыкновенные теплые и умеренно теплые, мощные; Чю^{п} – черноземы южные среднемощные; К т^{п} – темно-каштановые среднемощные; К ^{п} – каштановые среднемощные. По гранулометрическому составу все подтипы почв тяжелосуглинистые более чем на 90 %.

Примерно такое количество осадков соответствует распространению на Северном Кавказе черноземов с запасами 600 т/га (черноземы типичные и частично выщелоченные южно-европейской фации). При расчете баллов по гумусу за 100 баллов принято содержание гумуса в горизонте А – 7 %, мощность гумусового слоя (А+АВ) – 135 см и запасы гумуса в гумусовом слое – 600 т/га.

Вызывает некоторое сомнение правомерность выбранных критериев для балльной оценки земельных угодий степных автоморфных почв Ростовской области по гумусовому состоянию. Например, зачем брать в качестве фактора плодородия мощность А+АВ. Этот показатель уже вошел количественно в критерий «запасы гумуса в т/га». Получается, дважды один и тот же показатель фигурирует при установлении количественной балльной бонитировки. Сомнительна правомерность «содержания гумуса в процентах в пахотном горизонте». Еще Ф. Я. Гаврилюк (1984) и в дальнейшем его последователи исключили его из бонитировочных критериев для степных почв. Слишком мало в нем информативности для малогумусных почв Южных степей. Да и участие слоя 0–20 см в определении плодородия эфемерно из-за быстрой пересыхаемости этого горизонта. Тем более, что за 100 баллов взято 7 % гумуса – это утопично. Где же такие почвы встретишь на Дону? Введение на равных с мощностью А+АВ и запасами гумуса в определении бал-

лов бонитета показателя содержания гумуса 7 % резко снижает балльную оценку пашни.

При рассмотрении табл. 3.4 наблюдаются некоторые необъяснимые недоразумения и географические парадоксы. Например, в Белокалитвенском районе преобладают южные черноземы – балльная оценка по гумусовому состоянию 48. В Волгодонском районе – темно-каштановые почвы с балльной оценкой 62. И это при практически одном и том же количестве осадков (419 и 409). Далее, в Советском районе выпадает 388 мм осадков и формируются южные черноземы. В Цимлянском районе – тоже 388 мм, а распространены темно-каштановые почвы. В Красносулинском районе осадков 418. Почвы – черноземы обыкновенные мощные. В Кашарском осадков примерно столько же (413 мм), а почвы черноземы южные среднемощные. Более парадоксально: в Матвеево-Курганском осадков 422 мм, почвы черноземы обыкновенные мощные. В Миллеровском – при большем количестве осадков (451 мм) формируются черноземы южные среднемощные.

Анализ бонитировочной балльной оценки сельскохозяйственных угодий и климатических условий увлажнения позволяет сделать следующее заключение. В одних случаях балльная оценка земель по климатическим условиям почти совпадает с оценкой по гумусовому состоянию (Волгодонский, Веселовский, Егорлыкский, Зерноградский, Кагальницкий, Кашарский, Красносулинский, Мартыновский, Морозовский, Мясниковский, Неклиновский, Октябрьский, Орловский, Песчанокопский, Семикаракорский, Сальский, Советский районы), а в других наблюдаются различия более чем на 10 баллов (Азовский, Аксайский, Белокалитвенский, Боковский, Верхнедонской, Дубовский, Зимовниковский, Кашарский, Миллеровский, Милютинский, Обливский, Радионово-Несветаевский, Тарасовский, Тацинский, Чертковский районы). Совпадения балльной оценки земель по гумусовому состоянию и климатическим условиям увлажнения закономерно при одном непременном условии: исключительная однородность почвенного покрова.

Наоборот, резкое отклонение от балльной оценки угодий по климатическим условиям в сторону снижения их производительности характерно для районов со сложной структурой почвенного покрова в пределах подтипа чернозема (эродированность, неоднородность рельефа, материнских пород и т. д.).

Климатические условия и в первую очередь выпадающие осадки в зоне степей определяют интенсивность биологического круговорота, а следовательно, запасы органического вещества в черноземах и их количественный балльный бонитет, уровень плодородия.

В положительном решении сохранения экологического равновесия в системе «почва-растение» существенное значение имеют биологические особенности культур, корневые и пожнивные остатки которых на пашне являются практически единственными естественными источниками восполнения гумуса и элементов минерального питания. Определено, что более всего остается в почве остатков люцерны, озимой пшеницы по чистому пару, подсолнечника, менее других – гороха и ярового ячменя. При повышении урожайности культур, в частности от внесения удобрений, масса пожнивных и корневых остатков также увеличивается, но в меньшей степени.

Из сельскохозяйственных растений наиболее эффективно на гумусообразование влияют многолетние травы. В почвах под травами среднегодовой прирост гумуса составляет 1,5–2,0 т/га. Однако для кардинального решения гумусовой проблемы необходим комплексный подход к биологическим объектам – почвенным производным и абиотической среде, к профильно-генетической и сравнительно-географической оценке почвы на учете пространственной и временной вариабельности ее свойств. Основой сохранения почвенного плодородия и охраны окружающей среды является рациональное и экологически безопасное применение удобрений, комплекса противоэрозионных мероприятий, оптимальное сочетание сельскохозяйственных культур с различными биологическими свойствами в севооборотах.

Полная утилизация и включение в биологический круговорот всех растительных остатков – первое условие. Нельзя допускать бесполезного и вредного сжигания жнивья и соломы. Горение – самый быстрый и бесполезный способ высвобождения биологической энергии. Сгорает не только стерня, но и гумус поверхностных слоев, снижается биологическая активность почвы. Источником образования гумуса, безусловно, являются органические удобрения, коэффициент гумификации которых, по данным К. И. Довбан (1990), составляет: подстилочный навоз – 0,20, солома – 0,68, компост – 0,07, зеленое удобрение – 0,05.

Таким образом, подводя итог анализу роли гумуса в определении плодородия почв, подчеркнем следующее:

1. *Гумус и другие органические вещества почвенной массы после минерализации представляют первостепенный источник поступления в почвы доступных растениям элементов-биофилов в концентрациях, близких к экологическим потребностям организмов. При минерализации сложные органические соединения при участии различных групп микроорганизмов превращаются в простые химические вещества – воду, уг-*

лекислый газ, а также анионы и катионы различных солей. Продукты минерализации попадают в почвенные растворы и в значительной степени становятся объектом питания растений, т. е. вновь включаются в биологический круговорот. Минерализация гумусовых веществ обеспечивает регулярность и стабильность минерального азотного и фосфорного питания живых организмов почвы.

2. *Гумусовые вещества почв следует рассматривать как консервант солнечной энергии, которая была накоплена благодаря процессам фотосинтеза зелеными растениями в бесчисленном множестве неспецифических органических соединений, а затем трансформирована в вещества почвенного гумуса. Постепенное ее высвобождение осуществляет энергетическое обеспечение многих почвенных процессов, включая плодородие почв. Следовательно, почвенный гумус имеет конкретную калорийную энергетическую значимость.*
3. *Гумусовые вещества обладают физиологической активностью, стимулируя рост и развитие корневых систем растений и микроорганизмов.*
4. *Гумус оптимизирует физическое состояние почв. При оценке экологической роли гумуса всегда подчеркивается его положительное значение в связи с образованием агрономически ценной структуры, которая в конечном счете создает для растений благоприятные водно-воздушные свойства. Главную структурообразующую роль выполняют гуматы кальция и железа. Это очень водоустойчивые структурообразователи с высокими клеящими свойствами. Они обеспечивают формирование в почвах зернистой и пористой структуры, устойчивой к разрушающему действию воды.*
5. *Влияние гумусового содержания на плодородие почв неоднозначно. Не для всех растений соблюдается закономерность: большее содержание гумуса отвечает высокому уровню плодородия. Некоторые культуры безразличны к гумусовому содержанию почвы. Это картофель, гречиха, арбуз. Они прекрасно произрастают как на многогумусных почвах, так и на низкогумусных. А для виноградной лозы и табака на почвах с высоким содержанием органического вещества резко снижается качество урожая. Виноградники на почвах богатых гумусом дают продукцию с высокой кислотностью и низкой сахаристостью, а табак – неудовлетворительно ароматизирован. Богатые почвы обычно считаются неудовлетворительными для этих растений.*

3.2. Элементный состав почв и его экологическое значение

Почва состоит из минеральных, органических и органо-минеральных веществ. Источником минеральных соединений почвы являются горные породы, из которых слагается твердая оболочка земной коры – литосфера. Органические вещества поступают в почву в результате деятельности живых организмов, населяющих почву. Взаимодействие минеральных и органических веществ создает сложный комплекс органо-минеральных соединений почв. Минеральная часть составляет 80–90 % и более массы почв и только в органогенных почвах снижается до 10 % и менее.

В составе почв обнаружены почти все известные химические элементы. Средние цифры, показывающие содержание отдельных элементов в литосфере и почвах, называют *кларками*. Содержание отдельных химических элементов в литосфере и почве колеблется в широких пределах (табл. 3.5.).

Таблица 3.5

Содержание (в весовых процентах) химических элементов в литосфере и почвах (по Виноградову, 1962)

Элемент	Литосфера	Почва	Элемент	Литосфера	Почва
O	47,2	49,0	Mg	2,10	0,63
Si	27,6	33,0	C	0,10	2,00
Al	8,80	7,13	S	0,09	0,085
Fe	5,10	3,80	P	0,08	0,08
Ca	3,60	1,37	Cl	0,045	0,01
Na	2,64	0,63	Mn	0,09	0,085
K	2,60	1,36	N	0,01	0,10

Литосфера состоит почти наполовину из кислорода (47,2 %), более чем на четверть из кремния (27,6 %), далее идут алюминий (8,8 %), железо (5,1 %), кальций, натрий, калий, магний (до 2–3 % каждого). Восемь названных элементов составляют более 99 % общей массы литосферы. Такие важнейшие для питания растений элементы, как углерод, азот, сера, фосфор, занимают

десятые и сотые доли процента. Еще меньше микроэлементов в земной коре.

Поскольку минеральная часть почвы в значительной степени обусловлена химическим составом горных пород литосферы, имеется сходство почвы с литосферой по относительному содержанию отдельных химических элементов. Как в литосфере, так и в почве на первом месте стоит кислород, на втором – кремний, затем алюминий, железо и т. д.

По объему атомов кислород занимает 92 %, а следующее занимает кремний, алюминий и железо – всего около 3 % объема литосферы. Трудно себе представить литосферу Земли и ее почвы, как кислородное вместилище, в котором рассеяны все остальные элементы: кислород – 92 %, остальные элементы – всего 8 % от объема вещества. В связи с этим информация о составе почв и кор выветривания в объемных процентах не практикуется, а только в весовых процентах массы.

Экологически важна классификация химических элементов, содержащихся в сухой массе растений. Такая классификация дается А. Х. Шеудженом (2003). Автор предлагает все химические элементы распределить на 6 групп.

Макроэлементы – содержатся в количестве, превышающем 0,1 %. Они разделяются на органогенные элементы – H, O, C, N, и зольные – P, K, Si.

Мезоэлементы – содержатся в количестве 0,1–0,01 %. Сюда относятся S, Ca, Mg, Fe, Ma, Al, C1.

Микроэлементы – количество в массе растений составляет от 0,01 до 0,0001 %. Это B, Mn, Co, Mo, Zn, V, I, Se.

Ультрамикроэлементы – содержатся в крайне незначительных количествах: менее 0,0001 %. Их много: Ba, Be, Br, Bi, W, Jd, Ja, Hf, Au, Cd, Li, As, Ni, Sn, Us, Hg, Ru, Pb, Ag, Ti, F, Cr, Ce, Zr и др. Эти элементы биологически необходимы, но интервал экологически оптимальных концентраций очень узок и легко переходит границу положительного действия, а также представляет опасность для здоровья человека и животных.

Инертные элементы – образуют главную подгруппу 8-й группы периодической системы Д. И. Менделеева: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. Возможность поступления этих элементов в растения доказана, однако функции этих элементов не выявлены.

Техногенные элементы (Ac, Am, Bn, Cm, Np, Pu, Po, Fr и др.) не обнаружены в земной коре. Поступление их в растения связано с техногенезом.

Азот. В растениях азота содержится 1–3 % от массы сухого вещества. Этот элемент входит в состав любой аминокислоты, а следовательно, в состав всех белков, а также он находится и в нуклеиновых кислотах, носителях наследственных свойств. Обязателен азот как компонент хлорофилла и ферментов.

При недостатке азота в почвах сокращается период вегетативного роста, снижается фотосинтетическая активность, уменьшается масса корней. При дефиците азота листья имеют бледно-зеленую окраску, уменьшается выработка аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Все это приводит к снижению продуктивности растений.

Избыточное количество азота в почве также негативно. Увеличивается вегетативная масса, снижаются урожай и его качество. Особенно неблагоприятен избыток азота для винограда, табака, гречихи, чая.

Фосфор. Фосфор содержится в растениях 0,2–1,3 % от массы сухого вещества. В растениях фосфор находится в органических и минеральных соединениях. К важнейшим органическим соединениям относятся нуклеиновые кислоты, нуклеотиды, сахарофосфаты, фосфолипиды, фосфопротеиды, фитин и др. Недостаток фосфора приводит к замедлению роста, значительному уменьшению листовой поверхности, нарушению деятельности корней, замедлению фаз развития и снижению продуктивности, фосфорная недостаточность у растений особенно проявляется при холодной дождливой погоде.

Избыток соединений фосфора в естественных ландшафтах и агроценозах, как правило, не фиксируется.

Калий. Калия в растениях содержится в пределах 0,5–3,5 %. В растительных клетках калий присутствует преимущественно в ионной форме. Соредоточен в основном в молодых растущих тканях. Калий играет регуляторную роль, изменяя конформации белковых молекул в мембране клеток и белков-ферментов. Присутствие калия в значительной степени определяет коллоидно-биохимические свойства цитоплазмы, поддерживает гидратацию коллоидов, водоудерживающую способность цитоплазмы. Он участвует в процессах фотосинтеза, поддерживает тургорное состояние клеток, снижает транспирацию и многое другое.

Калий обычно присутствует в почвах в большом количестве, однако получение высоких урожаев невозможно без дополнительного внесения этого элемента. При дефиците калия в доступной форме снижается функционирование камбия, нарушаются процессы деления клеток, уменьшается толщина клеточной стенки эпидер-

миса, подавляется фотосинтез. Листья начинают желтеть с краев, затем края и верхушки приобретают бурую окраску.

Особенно большое количество калия содержится в бобовых растениях, картофеле, капусте и других овощах.

Избыток калия в почвах, как правило, не фиксируется.

Кремний. Это необходимый элемент для всех растений, особенно зерновых, где он является главным зольным элементом. Среднее содержание в растениях изменяется от 0,2 до 20 % сухой массы. Особенно его много в клеточных стенках. Кремний, как и фосфор, является основой биосинтеза, может входить в состав нуклеотидов. Кремний повышает устойчивость растений к полеганию, частично нейтрализует токсическое действие тяжелых металлов, повышает доступность фосфатов почвы и удобрений, увеличивает стойкость растений к болезням и повреждению насекомыми.

В почвах проблем с недостатком или избытком кремния не наблюдается.

Сера. Содержание серы в растениях 0,005–1 %. Сера является составной частью трех важнейших аминокислот – цистина, цистеина и метионина, которые могут находиться в растениях как в составе белков, так и в свободном виде. Протеин хлоропластов и цитоплазмы богат серой. Сера, входя в состав ряда ферментов, принимает участие в аэробной фазе дыхания и синтезе жиров.

Недостаточное снабжение растений серой снижает фотосинтез, подавляет рост растений. Внешние признаки голодания напоминают недостаток азота: посветление, желтизна, красноватый оттенок. Стебли растений становятся тонкими и хрупкими. Однако в почвах представить недостаток серы для растений весьма трудно, как и избыток серы как элемента питания.

Кальций. Содержание кальция в растениях составляет 0,05–0,5 %. Он входит в состав ядра, митохондрий, рибосом, пластид, цитоплазмы, мембран и других органоидов и включений клетки. Кальций является составной частью пектиновых веществ, играет важную роль в фотосинтезе, усиливает обмен веществ. Он регулирует кислотно-щелочное равновесие в клетке, принимает участие в поддержании структуры хромосом, является связующим звеном между ДНК и белком.

При недостатке кальция в первую очередь страдают молодые ткани и корневая система растений. Недостаток приводит к набуханию пектиновых веществ, что вызывает ослизнение клеточных стенок и разрушение клеток. Корни, листья и отдельные участки стебля загнивают и отмирают.

Магний. Содержится в растениях в количестве 0,05–0,5 %. Он присутствует в молекулах хлорофилла, где его около 3 % от массы. Магний является структурообразователем, входя в состав органелл клеток, мембран, клеточных стенок, большого числа ферментов.

При недостатке магния увеличивается активность пероксидазы, снижается содержание аскорбиновой кислоты и инвертного сахара. Окраска листьев становится светлой, даже желтой, при этом жилки остаются зелеными. Пожелтевшая часть растений отмирает.

Больше всего солей магния содержится в бобах, горохе, сое, овсе, ржи. Как правило, избытка магния в почвах не наблюдается.

Железо. Содержание железа составляет в растениях 0,01–0,08 %. Железо входит в состав феофетина, цитохромов – переносчиков электронов, участвующих в процессе дыхания. Участие железа в процессах обмена веществ в растительном организме чрезвычайно обширно и отражается на активности и характере метаболизма потребляемых растениями элементов питания.

Недостаток железа тормозит два важнейших процесса энергообмена растений – фотосинтез и дыхание. У растений развивается глубокий хлороз, при остром дефиците листья могут стать совершенно белыми. Избыток железа в почвах не проявляется, хотя закисные его формы считаются ядовитыми.

Натрий. Среднее содержание около 0,2 % при диапазоне 0,008 – 2,5 %. Натрий играет важную роль в поддержании кислотно-щелочного равновесия, регулирует осмотическое давление и влияет на содержание воды в тканях.

Хлор. Среднее содержание 0,01 %. Хлор положительно влияет на обводненность тканей и набухаемость протоплазмы клеток. Перемещаясь вместе с калием, он поддерживает в клетках электронейтральность, воздействует на активность ферментов, участвующих в процессе фотосинтеза. Избыток хлора проявляется в засоленных почвах. К хлорофобным растениям относятся земляника, картофель, крыжовник, помидоры, смородина, фасоль.

Алюминий. Поразительно мало в растениях алюминия, сравнивая содержание с литосферными и почвенными кларками, всего – 0,02 %. При недостатке алюминия у отдельных растений проявляется хлороз, например у чая. Высокие концентрации алюминия в питательной среде токсичны для всех растений без исключения, но это в почвах практически не наблюдается.

3.3. Азотно-фосфорно-калийное питание растений как фактор плодородия почв[1]

Главнейшие элементы почвенного питания растений – азот, фосфор и калий.

Основная масса азота почв сосредоточена в органическом веществе. Количество азота находится в прямой зависимости от содержания в почве органического вещества, прежде всего гумуса. В большинстве почв (кроме каштановых, сероземов и красноземов) этот элемент составляет 1/12–1/20 гумуса (5 %). На долю минеральных форм приходится 1–5 % общего содержания азота. Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из атмосферы. В почвообразующих породах азота очень мало. Азот доступен растениям главным образом в форме аммония и нитратов, которые образуются при разложении азотистых органических веществ. Ион NH_4^+ легко поглощается почвой с частичным переходом в необменное (фиксированное) состояние. Ион NO_3^- не поглощается почвой ни химически, ни физико-химически, находится преимущественно в почвенном растворе и легко используется растениями.

Поглощаясь в больших количествах растениями, фосфор аккумулируется в верхних горизонтах почвы. Фосфор в почвах содержится в органических и минеральных соединениях. Органические представлены фитином, нуклеиновыми кислотами, нуклеопротеидами, фосфатидами, сахарофосфатами и др., минеральные – солями кальция, магния, железа и алюминия ортофосфорной кислоты. Также фосфор в почве входит в состав апатита, фосфорита и вивианита. Апатит встречается во многих магматических породах и составляет 95 % соединений фосфора в земной коре.

Присутствует калий чаще в глинистых минералах тонкодисперсных фракций, особенно в гидрослюдах, а также в составе таких первичных минералов крупной фракции, как биотит, мусковит, калиевые полевые шпаты. Подобные формы калия является практически недоступными для питания растений и представляют своего рода резерв. Растения усваивают наиболее подвижные формы (калий почвенного раствора, обменный). Калий относится к числу органогенов, необходимых для развития растений; в ряде случаев калий может быть в дефиците.

[1] Автор главы: С. А. Тищенко.

В процессе оценки почвенного плодородия обычно определяют общее (валовое) количество элемента, его доступные (обменные) формы для растений, а также иногда и водо-растворимые формы.

Вынос с урожаем химических элементов обычно называют их отчуждением. На основе этого строятся расчеты их необходимого восполнения минеральными и органическими удобрениями для поддержания эффективного плодородия почвы. Например, при урожае озимой пшеницы 40 ц/га и соломы 60 ц/га вынос азота с урожаем составит 130 кг. С навозом в поле должно возвратиться примерно 15 кг азота, с семенами – 5. Следовательно, из 130 кг вынесенного азота возвратится только 20, или 15,4 %. Оставшееся количество (110 кг) необходимо пополнить внесением органических и минеральных удобрений.

Выявлены географические закономерности выноса сельскохозяйственными культурами азота, фосфора и калия (табл. 3.6). Содержание азота в кукурузе на серых и темно-серых лесных почвах по сравнению со светло-каштановыми изменяется на 10 %, по фосфору – на 43 % и по калию – на 71 %. По овсу при переходе от дерново-подзолистых к черноземным почвам вынос азота возрастал на 40 %, фосфора – на 11 % и калия – на 98 %.

Таблица 3.6

Зависимость выноса азота, фосфора и калия от типа почвы (Справочник агрохимика, 1976)

Культура	Почва	Урожай, ц/га	Вынос (на 1 т основного урожая с побочной продукцией), кг		
			N	P_2O_5	K_2O
Картофель	Дерново-подзолистая	129	4,0	1,6	5,8
	Чернозем типичный	210	6,7	2,0	5,9
Овес	Дерново-подзолистая	14,9	22,2	10,9	20,0
	Чернозем выщелоченный	19,2	31,0	11,7	39,6
Озимая рожь	Чернозем выщелоченный	24,6	31,4	12,7	26,0
	Дерново-подзолистая	18,2	26,9	9,7	23,7
Кукуруза	Серая и темно-серая	49,4	28,0	8,3	19,4
	Светло-каштановая	45,7	31,0	11,9	34,0

Оценка почв по содержанию азота, фосфора и калия. Среднее содержание в почвах важнейших химических элементов показано в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Среднее содержание азота, фосфора и калия в почвах в слое 0–25 см

Элементы	%	мг/100 г	т/га
Азот валовой (N) гидролизуемый (NO_2)	0,10 – 0,25 –	– 4,1 – 5,0	2,8 – 6,9 0,103 – 0,125 (NO_2) 0,031 – 0,038 (N)
Фосфор валовой (P_2O_5) подвижный (P_2O_5)	0,08 – 0,15 –	– 1,5 – 20,0	2,2 – 4,1 0,038 – 0,50
Калий валовой (K_2O) обменный (K_2O)	0,10 – 0,20 –	– 3,0 – 25,0	2,8 – 5,5 0,075 – 0,63

В агрохимии и почвоведении разработаны методы и придержки оценки агрохимической обеспеченности почв, которые позволяют планировать, нормировать и регламентировать применение удобрений с учетом их оптимальности для растений, почв, окружающей среды и здоровья человека и животных.

При оценке плодородия почв по агрохимической обеспеченности обычно используют 3 уровня сведений.

Потенциальное плодородие, оценка которого идет по валовым запасам и сопоставима с изменением содержания органического вещества. Этот уровень обычно приурочивается к смене систем земледелия и антропогенным изменениям почвенного покрова. В СССР этому уровню приурочивались почвенные обследования, проводимые каждые 20 лет.

Эффективное плодородие, которое определяется по содержанию доступного резерва питательных элементов для растений. Сюда относятся все формы химических элементов, поглощаемых растениями, включая и водорастворимые. Этот уровень является рабочим инструментом по разработке мероприятий по внесению минеральных и органических удобрений, и его повторные исследования проводятся каждые 5 лет.

Сезонное плодородие объединяет те формы химических элементов, которые отличаются высокой динамичностью в зависимости от интенсивности микробиологических и погодных условий и меняются в течение сезона. Обычно это водорастворимые формы азота, фосфора и калия. Этот уровень используют при научных исследованиях для определения сезонной динамики питательных элементов. Оценка потенциального плодородия разных почв и ее горизонтов по уровню обеспеченности приведена в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Оценка потенциального плодородия почв азотом, фосфором и калием, %

Уровень содержания	N	P_2O_5	K_2O
Очень высокий	Более 0,35	Более 0,20	Более 3,0
Высокий	0,25 – 0,35	0,15–0,20	2,0–3,0
Средний	0,10 – 0,25	0,08–0,15	1,0–2,0
Низкий	0,05 – 0,10	0,02–0,08	0,7–1,0
Очень низкий	Менее 0,05	Менее 0,02	Менее 0,7

Эффективное плодородие почв по содержанию доступных растениям соединений азота, фосфора и калия показаны в табл. 3.9–3.11.

Таблица 3.9

Оценка содержания в почвах гидролизуемого азота (NO_2), мг на 100 г почвы

Группа почв	Уровень содержания	Метод	
		Тюрина-Кононовой	Корнфилда
I	Очень низкое	0–3,0	0–10
II	Низкое	3,1–4,0	10,1–15,0
III	Среднее	4,1–5,0	15,1–20,0
IV	Повышенное	5,1–7,0	Более 20
V	Высокое	7,1–10	–
VI	Очень высокое	Более 10	–

Таблица 3.10

Оценка содержания в почвах подвижного фосфора (P_2O_5), мг на 100 г почвы

Группа почв	Уровень содержания	Метод		
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина
I	Очень низкое	0–2,5	0–2,0	0–1,0
II	Низкое	2,5–5,0	2,1–5,0	1,1–1,5
III	Среднее	5,1–10,0	5,1–10,0	1,6–3,0
IV	Повышенное	10,1–15,0	10,1–15,0	3,1–4,5
V	Высокое	15,1–25,0	15,1–20,0	4,6–6,0
VI	Очень высокое	Более 25	Более 20	Более 6

Требования отдельных растений по содержанию в почвах элементов питания не одинакова, что важно учитывать при внесении удобрений (табл. 3.12).

Таблица 3.11

Оценка содержания в почвах обменного калия (K_2O), мг на 100 г почвы

Группа почв	Уровень содержания	Метод			
		Масловой	Чирикова	Мачигина	Кирсанова
I	Очень низкое	0–5,0	0–3,0	0,–5,0	0–4,0
II	Низкое	5,1–10,0	3,1–5,0	5,1–10,0	4,1–8,0
III	Среднее	10,1–15,0	5,1–8,0	10,1–15,0	8,1–12,0
IV	Повышенное	51,1–20,0	8,1–12,0	15,1–20,0	12,1–17,0
V	Высокое	20,1–30,0	12,1–18,0	20,1–30,0	17,1–25,0
VI	Очень высокое	Более 30	Более 18	Более 30	Более 25

Таблица 3.12

Отзывчивость некоторых растений на обеспеченность почв азотом, фосфором и калием

Уровень потребности	Культура
Требуют повышенного уровня обеспеченности азотом	Огурцы, капуста белокочанная и цветная, картофель, кукуруза, черная смородина, яблоня, слива
Требуют повышенного уровня обеспеченности фосфором	Брюква, томаты, яблоня, крыжовник
Необходим высокий уровень обеспеченности почв калием	Картофель, подсолнечник, чай, лен, свекла, фасоль
Не столь требовательны к уровню обеспеченности N, P, K	Сорго, просо, многолетние травы, гречиха, виноград
Отличаются способностью усваивать труднодоступные фосфаты	Люпин, гречиха, горчица, горох, конопля
Повышенный уровень азотного питания негативен для качества урожая	Виноград, гречиха, табак, чай

Растения имеют свойство накапливать в своих организмах нитраты, содержащиеся в почве в избыточных количествах. Урожайность растений растет, но продукция оказывается отравленной. Особенно интенсивно аккумулируют нитраты овощные культуры, арбузы и дыни.

В России приняты ПДК нитратов растительного происхождения. **Допустимая суточная доза (ДСД) для человека составляет 5 мг на 1 кг веса** (табл. 3.13).

Сами нитраты не оказывают токсичного действия, но под влиянием некоторых кишечных бактерий они могут переходить в нитриты, обладающие значительной токсичностью. Нитриты, соединяясь с гемоглобином крови, переводят его в метгемоглобин, который препятствует переносу кислорода по кровеносной системе. Развивается заболевание – метгемоглобинемия, особенно опасное для детей. Симптомы заболевания: полуобморочное состояние, рвота, диарея.

Таблица 3.13

Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения, мг/кг.

Продукт	Грунт	
	открытый	защищенный
Картофель	250	–
Капуста белокочанная: ранняя поздняя	900 500	– 2
Томаты	150	300
Огурцы	150	400
Свекла столовая	1400	–
Лук: репчатый перо	80 600	– 800
Листовые овощи (салат, шпинат, щавель, капуста салатная, петрушка, сельдерей, кинза, укроп)	2000	3000
Дыни	90	–
Арбузы	60	–
Перец сладкий	200	400
Кабачки	400	400
Виноград столовых сортов	60	–
Яблоки	60	–
Груши	60	–
Продукты детского питания (овощи консервированные)	50	–
Морковь: ранняя поздняя	400 250	–

3.4. Тяжелые металлы в почвах

К тяжелым металлам (ТМ) относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева, масса атомов которых составляет свыше 50 атомных единиц массы (а.е.м.). Это Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co и др. Сложившееся понятие «тяжелые металлы» не является строгим, так как к ТМ часто относят элементы-неметаллы, например As, Se, а иногда даже F, Be и другие элементы, атомная масса которых меньше 50 а.е.м.

Среди ТМ много микроэлементов, биологически важных для живых организмов. Они являются необходимыми и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов. Однако избыточное содержание ТМ в различных объектах биосферы оказывает угнетающее и даже токсичное действие на живые организмы.

Источники поступления ТМ в почву делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и техногенные (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, влияние автотранспорта, сельского хозяйства и т. д.) Сельскохозяйственные земли, помимо загрязнения через атмосферу, загрязняются ТМ еще и специфически, при применении пестицидов, минеральных и органических удобрений, известковании, использовании сточных вод. В последнее время особое внимание ученые уделяют городским почвам. Последние испытывают значительный техногенный пресс, составной частью которого является загрязнение ТМ.

В табл. 3.14 и 3.15 представлены распределение ТМ в различных объектах биосферы и источники поступления ТМ в окружающую среду.

Таблица 3.14

Содержание ТМ в различных объектах биосферы, мг/кг сухой массы (по Войткевичу с соавт., 1990; по Торшину с соавт., 1990)

Элемент	Почвы	Пресные воды	Морские воды	Растения	Животные (в мышечной ткани)
Mn	1000 (20–10000)	0,008	0,0002	0,3–1000	0,2–2,3
Zn	90 (1–900)	0,015	0,0049	1,4–600	240
Cu	30 (2–250)	0,003	0,00025	4–25	10
Co	8 (0,05–65)	0,0002	0,00002	0,01–4,6	0,005–1
Pb	35 (2–300)	0,003	0,00003	0,2–20	0,23–3,3
Cd	0,35 (0,01–2)	0,0001	–	0,05–0,9	0,14–3,2
Hg	0,06	0,0001	0,00003	0,005–0,02	0,02–0,7
As	6	0,0005	0,0037	0,02–7	0,007–0,09
Se	0,4 (0,01–12)	0,0002	00,0002	0,001–0,5	0,42–1,9
F	200	0,1	1,3	0,02–24	0,05
B	20 (2–270)	0,15	4,44	8–200	0,33–1
Mo	1,2 (0,1–40)	0,0005	0,01	0,03–5	0,02–0,07
Cr	70 (5–1500)	0,001	0,0003	0,016–14	0,002–0,84
Ni	50 (2–750)	0,0005	0,00058	0,02–4	1–2

Таблица 3.15

Источники загрязнения окружающей среды ТМ

Элемент	Источник
Mn	Промышленность, сжигание угля
Zn	Промышленность, удобрения
Cu	Промышленность, сжигание угля, удобрения

Окончание табл. 3.4

Элемент	Источник
Pb	Автотранспорт, промышленность, сжигание угля, угольные отвалы, краски, удобрения
Cd	Промышленность, удобрения, курение
Hg	Промышленное сжигание угля, обжиг цементного сырья, протравливание зерна, удобрения
Ni	Сжигание угля, промышленность, удобрения, курение
Cr	Промышленность
V	Сжигание угля, нефти, промышленность

На поверхность почвы ТМ поступают в *различных формах*. Это оксиды и различные соли металлов как растворимые, так и практически нерастворимые в воде (сульфиды, сульфаты, арсениты и др.). В составе выбросов предприятий по переработке руды и предприятий цветной металлургии – основного источника загрязнения окружающей среды ТМ – основная масса металлов (70–90 %) находится в форме оксидов.

Попадая на поверхность почв, ТМ могут либо накапливаться, либо рассеиваться в зависимости от характера геохимических барьеров, свойственных данной территории.

Большая часть ТМ, поступивших на поверхность почвы, закрепляется в верхних гумусовых горизонтах. ТМ сорбируются на поверхности почвенных частиц, связываются с органическим веществом почвы, в частности в виде элементно-органических соединений, аккумулируются в гидроксидах железа, входят в состав кристаллических решеток глинистых минералов, дают собственные минералы в результате изоморфного замещения, находятся в растворимом состоянии в почвенной влаге и газообразном состоянии в почвенном воздухе, являются составной частью почвенной биоты.

Степень подвижности ТМ зависит от геохимической обстановки и уровня техногенного воздействия. Тяжелый гранулометрический состав и высокое содержание органического вещества приводят к связыванию ТМ почвой. Рост значений pH усиливает сорбированность катионообразующих металлов (медь, цинк, никель, ртуть, свинец и др.) и увеличивает подвижность анионообразующих (молибден, хром, ванадий и пр.). Усиление окислительных условий увеличивает миграционную способность металлов. В итоге, по способности связывать большинство ТМ, почвы образуют следующий ряд: серозем > чернозем > дерново-подзолистая почва.

Продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почве значительно больше, чем в других частях биосферы, и загрязнение почвы, особенно ТМ, практически вечно. Металлы, накапливаясь в почве, медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Период полуудаления (или удаления половины от начальной концентрации) ТМ сильно варьирует для различных элементов, но составляет достаточно продолжительные периоды времени: для Zn – от 70 до 510 лет; для Cd – от 13 до 110 лет; для Cu – от 310 до 1500 лет и для Pb – 2 – от 740 до 5900 лет (Садовская, 1994).

Загрязнение почв ТМ имеет сразу *две отрицательные стороны*. Во-первых, поступая по *пищевым цепям* из почвы в растения, а оттуда в организм животных и человека, ТМ вызывают у них серьезные заболевания – росту заболеваемости населения и сокращению продолжительности жизни, а также к снижению количества и качества урожаев сельскохозяйственных растений и животноводческой продукции.

Во-вторых, накапливаясь в почве в больших количествах, ТМ способны изменять многие ее свойства. Прежде всего, изменения затрагивают биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав (разнообразие), изменяется структура микробоценозов, падает интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов и т. д. Сильное загрязнение ТМ приводит к изменению и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, pH среды и др. Результатом этого является частичная, а в ряде случаев и полная утрата почвенного плодородия.

В природе встречаются территории с недостаточным или избыточным содержанием в почвах ТМ. Аномальное содержание ТМ в почвах обусловлено двумя группами причин: биогеохимическими особенностями экосистем и влиянием техногенных потоков вещества. В первом случае, районы, где концентрация химических элементов выше или ниже оптимального для живых организмов уровня, называются ***природными геохимическими аномалиями,*** или биогеохимическими провинциями. Здесь аномальное содержание элементов обусловлено естественными причинами – особенностями почвообразующих пород, почвообразовательного процесса, присутствием рудных аномалий. Во втором случае, территории называются ***техногенными геохимическими аномалиями.*** В зависимости от масштаба они делятся на глобальные, региональные и локальные.

Почва, в отличие от других компонентов природной среды, не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество.

Различные растения, животные и человек требуют для жизнедеятельности определенного состава почвы, воды. В местах геохимических аномалий происходит, усугубляясь, передача отклонений от нормы минерального состава по всей пищевой цепи.

В результате нарушения минерального питания наблюдаются изменения видового состава фито-, зоо- и микробоценозов, заболевание дикорастущих форм растений, снижение количества и качества урожаев сельскохозяйственных растений и животноводческой продукции, рост заболеваемости населения и снижение продолжительности жизни (табл. 3.15). Механизм токсического действия ТМ представлен в табл. 3.16.

Таблица 3.15

Физиологические нарушения в растениях при избытке и недостатке содержания в них ТМ (по Ковалевскому, Андриановой, 1970; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)

Элемент	Физиологические нарушения	
	при недостатке	при избытке
Cu	Хлороз, вилт, меланизм, белые скрученные макушки, ослабление образования метелок, нарушение одревеснения, суховершинность деревьев	Темно-зеленые листья, как при Fe-индуцированном хлорозе; толстые, короткие или похожие на колючую проволоку корни, угнетение образования побегов
Zn	Междужилковый хлороз (в основном у однодольных), остановка роста, розетчатость листьев деревьев, фиолетово-красные точки на листьях	Хлороз и некроз концов листьев, междужилковый хлороз молодых листьев, задержка роста растения в целом, поврежденные корни, похожие на колючую проволоку
Cd	–	Бурые края листьев, хлороз, красноватые жилки и черешки, скрученные листья и бурые недоразвитые корни
Hg	–	Некоторое торможение ростков и корней, хлороз листьев и бурые точки на них
Pb	–	Снижение интенсивности фотосинтеза, темно-зеленые листья, скручивание старых листьев, чахлая листва, бурые короткие корни

Таблица 3.16

Механизм действия токсичности ТМ (по Торшину с соавт., 1990)

Элемент	Действие
Cu, Zn, Cd, Hg, Pb	Влияние на проницаемость мембран, реакция с SH – группами цистеина и метионина
Pb	Изменение трехмерной структуры белков
Cu, Zn, Hg, Ni	Образование комплексов с фосфолипидами
Ni	Образование комплексов с альбуминами
	Ингибирование ферментов:
Hg^{2+}	щелочной фосфатазы, глюко-6-фосфотазы, лактатдегидрогеназы
Cd^{2+}	аденозинтрифосфотазы, алкогольдегидрогеназы, амилазы, карбоангидразы, карбоксипептидазы (пентидазы), глутаматоксалоацетаттранаминазы
Pb^{2+}	ацетилхолинэстеразы, щелочной фосфатазы, АТФазы
Ni^{2+}	карбоангидразы, цитохромоксидазы, бензопиренгидроксилазы

Токсическое воздействие ТМ на биологические системы в первую очередь обусловлено тем, что они легко связываются с сульфгидрильными группами белков (в том числе и ферментов), подавляя их синтез и, тем самым нарушая обмен веществ в организме.

Живые организмы выработали разнообразные механизмы устойчивости к ТМ: от восстановления ионов ТМ в менее токсичные соединения до активации систем ионного транспорта, осуществляющих эффективное и специфическое удаление токсических ионов из клетки во внешнюю среду.

Наиболее существенное последствие воздействия ТМ на живые организмы, проявляющееся на биогеоценотическом и биосферном уровнях организации живого вещества, заключается в блокировании процессов окисления органического вещества. Это приводит к снижению скорости его минерализации и накоплению в экосистемах. В то же время увеличение концентрации органического вещества вызывает связывание им ТМ, что временно снимает нагрузку с экосистемы. Снижение скорости разложения органического вещества за счет снижения численности организмов, их биомассы и интенсивности жизнедеятельности считают пассивной реакцией экосистем на загрязнение ТМ. Активное противостояние организмов антропогенным нагрузкам проявляется лишь в ходе прижизненной аккумуляции металлов в телах и скелетах. Ответственными за этот процесс являются наиболее устойчивые виды.

Устойчивость живых организмов, прежде всего растений, к повышенным концентрациям ТМ и их способность накапливать высокие концентрации металлов могут представлять большую опас-

ность для здоровья людей, поскольку допускают проникновение загрязняющих веществ в пищевые цепи. В зависимости от геохимических условий производства пища человека как растительного, так и животного происхождения может удовлетворять потребности человека в минеральных элементах, быть дефицитной или содержать превышающее их количество, становясь более токсичной, вызывая заболевания и даже смерть (табл. 3.17).

Таблица 3.17

Действие ТМ на организм человека (Ковальский, 1974; Краткая медицинская энциклопедия, 1989; Торшин с соавт., 1990; Воздействие на организм .., 1997; Справочник по токсикологии .., 1999)

Элемент	Физиологические отклонения	
	при недостатке	при избытке
Mn	Заболевания костной системы	Лихорадка, пневмония, поражение центральной нервной системы (марганцевый паркинсонизм), эндемическая подагра, нарушение кровообращения, желудочно-кишечных функций, бесплодие
Cu	Слабость, анемия, белокровие, заболевания костной системы, нарушение координации движений	Профессиональные заболевания, гепатит, болезнь Вильсона. Поражает почки, печень, мозг, глаза
Zn	Ухудшение аппетита, деформация костей, карликовый рост, долгое заживание ран и ожогов, слабое зрение, близорукость	Уменьшение канцероустойчивости, анемия, угнетение окислительных процессов, дерматиты
Pb	–	Свинцовая энцефало-нейропатия, нарушение обмена веществ, ингибирование ферментативных реакций, авитаминоз, малокровие, рассеянный склероз. Входит в состав костной системы вместо кальция
Cd	–	Гастро-интестинальные расстройства, нарушения органов дыхания, анемии, повышение кровяного давления, поражение почек, болезнь итаи-итаи, протеинурия, остеопороз, мутагенное и канцерогенное действие
Hg	–	Поражения центральной нервной системы и периферических нервов, инфантилизм, нарушение репродуктивных функций, стоматит, болезнь Минамата, преждевременное старение
Co	Эндемический зоб	–
Ni	–	Дерматиты, нарушение кроветворения, канцерогенность, эмбриотоксикоз, подострая миело-оптиконейропатия
Cr	–	Дерматиты, канцерогенность
V	–	Заболевания сердечно-сосудистой системы

Разные ТМ представляют опасность для здоровья человека в различной степени. Наиболее опасными являются Hg, Cd, Pb (табл. 3.18).

Таблица 3.18

Классы загрязняющих веществ по степени их опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83)

Номер класса	Класс	Элемент
I	Высоко опасные	Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F
II	Умеренно опасные	Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb
III	Мало опасные	V, W, Mn, Sr, Ba

Очень сложен вопрос нормирования содержания ТМ в почве. В основе его решения должно лежать признание полифункциональности почвы. В процессе нормирования почва может рассматриваться с различных позиций: как естественное природное тело; как среда обитания и субстрат для растений, животных и микроорганизмов; как объект и средство сельскохозяйственного и промышленного производства; как природный резервуар, содержащий патогенные микроорганизмы. Нормирование содержания ТМ в почве необходимо проводить на основе почвенно-экологических принципов, которые отрицают возможность нахождения единых значений для всех почв.

По вопросу санации почв, загрязненных ТМ, существует два основных подхода. Первый направлен на очищение почвы от ТМ. Очищение может производиться путем промывок, путем извлечения ТМ из почвы с помощью растений, путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы и т. п. Второй подход основан на закреплении ТМ в почве, переводе их в нерастворимые в воде и недоступные живым организмам формы. Для этого предлагается внесение в почву органического вещества, фосфорных минеральных удобрений, ионообменных смол, природных цеолитов, бурого угля, известкование почвы и т. д. Однако любой способ закрепления ТМ в почве имеет свой срок действия. Рано или поздно часть ТМ снова начнет поступать в почвенный раствор, а оттуда в живые организмы.

Таким образом, к тяжелым металлам относят более 40 химических элементов, масса атомов которых составляет свыше 50 а.е.м. Это Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co и др. Среди ТМ много микроэлементов, являющихся необходимыми и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов. Однако избыточное содержание ТМ в различных объектах биосферы оказывает угнетающее и даже токсическое действие на живые организмы.

Источники поступления ТМ в почву делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и техногенные (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, влияние автотранспорта, сельского хозяйства и т. д.).

На поверхность почвы ТМ поступают в различных формах. Это оксиды и различные соли металлов, как растворимые, так и практически нерастворимые в воде.

Экологические последствия загрязнения почв ТМ зависят от параметров загрязнения, геохимической обстановки и устойчивости почв. К параметрам загрязнения относятся природа металла, т. е. его химические и токсические свойства, содержание металла в почве, форма химического соединения, срок от момента загрязнения и т. д. Устойчивость почв к загрязнению зависит от гранулометрического состава, содержания органического вещества, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, активности микробиологических и биохимических процессов и т. д.

Устойчивость живых организмов, прежде всего растений, к повышенным концентрациям ТМ и их способность накапливать высокие концентрации металлов могут представлять большую опасность для здоровья людей, поскольку допускают проникновение загрязняющих веществ в пищевые цепи.

При нормировании содержания ТМ в почве должна учитываться полифункциональность почвы. Почва может рассматриваться как естественное природное тело, как среда обитания и субстрат для растений, животных и микроорганизмов, как объект и средство сельскохозяйственного и промышленного производства, как природный резервуар, содержащий патогенные микроорганизмы, как часть наземного биогеоценоза и биосферы в целом.

3.5. Радиоактивные элементы в почвах

Радиоактивность – способность нестабильных ядер элементов (радиоактивных изотопов, радионуклидов) к самопроизвольному распаду. Следствием ядерного распада является ионизирующая радиация в виде потока альфа- и бета-частиц, гамма-квантов и нейтронов. Радиоактивность измеряется специальными счетчиками.

Радионуклид – нуклид (атом), ядро которого способно к радиоактивному распаду.

К естественным внешним источникам радиации относятся космическое излучение (галактическое, излучение от радиационных поясов Земли, Солнца), создавая мощность эффективной дозы на уровне моря в среднем 0,28–0,3 мЗв в год, а также излучения от поверхности Земли, строительных материалов и т. п. (около 0,5 мЗв в год). Внутренними естественными источниками облучения являются радионуклиды ^{40}К и ^{14}С, радий, торий, радон и др.

Глубина проникновения ионизирующего излучения зависит, с одной стороны, от природы излучения, заряда составляющих его частиц и энергии, а с другой – от состава и плотности облучаемого вещества.

Радиоактивное излучение является как канцерогенным фактором (вызывает раковые заболевания), так и мутагенным (увеличивает частоту мутаций).

На процесс поглощения и накопления радиоактивных изотопов живыми организмами влияют многие факторы.

1. *Природа радиоактивных элементов*. Наибольшее значение имеют изотопы с длинным периодом полураспада и особенно те, которые накапливаются в тканях: ^{90}Sr в костях и ^{132}I в щитовидной железе.

Очень высокая специфичность коэффициента концентрации, который представляет отношение элемента в организме к его количеству в окружающей среде. Этот коэффициент изменяется в очень широких пределах – от 1 до 200, а иногда значительно больше. Поэтому некоторые организмы благодаря извлечению радиоактивных элементов из окружающей среды сами становятся токсичными.

Содержание в окружающей среде элементов-антагонистов. Отмечено, что в пищевых цепях радиоизотопы способны вступать в конкурентные отношения с другими химическими элементами. Чем меньше содержание соответствующих элементов в окружающей среде, тем большее значение приобретают изотопы. Так, живущие в бедной среде организмы загрязняются быстрее, чем обитающие в богатой. Овцы, пасущиеся на бедных кислых торфянистых почвах (pH 4,3), имеют коэффициент концентрации в костях ^{90}Sr, равный 714, против 115 на бурой пустынно-степной почве с pH 6,8.

4. *Вид и возраст организмов*. Радиочувствительность разных организмов весьма различна. По степени устойчивости к радиации живые организмы образуют ряд: микроорганизмы > насекомые > млекопитающие. Молодые особи обладают большей радиочувствительностью и большей интенсивностью поглощения радионуклидов, чем старые.

Радиоактивность почв обусловлена содержанием в них радионуклидов. Различают естественную и искусственную радиоактивность.

Естественная радиоактивность почв вызывается естественными радиоактивными изотопами, которые всегда в тех или иных количествах присутствуют в почвах и почвообразующих породах. Естественные радионуклиды образовались и образуются без участия человека, насчитывают >300 шт. Значительная часть естественных первичных радионуклидов представлена тяжелыми элементами с порядковыми номерами $Z \geq 82$. Они образуют 3 радиоактивных семейства (табл. 3.19).

Таблица 3.19

Естественная радиоактивность некоторых элементов

Название семейства	Родоначальник семейства	Период полураспада, $T_{0,5}$ (лет)	Число последовательно распадающихся радиоактивных изотопов	Конечный продукт (стабильный изотоп свинца)
Урана	^{238}U	$4,5 \cdot 10^9$	14	^{206}Pb
Актиноурана (актиния)	$^{235}U(^{235}Ac)$	$7,13 \cdot 10^8$	11	^{207}Pb
Тория	^{232}Th	$1,39 \cdot 10^{10}$	11	^{208}Pb

Естественные радионуклиды подразделяют на 3 группы. Первая группа включает радиоактивные элементы – элементы, все изотопы которых радиоактивны: уран (^{238}U, ^{235}U), торий (^{232}Th), радий (^{226}Ra) и радон (^{222}Rn, ^{220}Rn). Во вторую группу входят изотопы «обычных» элементов, обладающие радиоактивными свойствами: калий ($^{40}К$), рубидий (^{87}Rb), кальций (^{48}Ca), цирконий (^{96}Zr) и др. Третью группу составляют радиоактивные изотопы, образующиеся в атмосфере под действием космических лучей: тритий ($^{2}3H$), бериллий (^{7}Be, ^{10}Be) и углерод (^{14}C).

Валовое содержание естественных радиоактивных изотопов в основном зависит от почвообразующих пород. Почвы, сформировавшиеся на продуктах выветривания кислых пород, содержат радиоактивных изотопов больше, чем образовавшиеся на основных и ультраосновных породах; тяжелые почвы содержат их больше, чем легкие.

Естественные радиоактивные элементы распределяются по профилю почв обычно относительно равномерно, но в некоторых случаях они аккумулируются в иллювиальных и глеевых горизонтах. В почвах и породах присутствуют преимущественно в прочносвязанной форме.

Искусственная радиоактивность почв обусловлена поступлением в почву радиоактивных изотопов, образующихся в результате атомных и термоядерных взрывов, в виде отходов атомной промышленности или в результате аварий на атомных предприятиях. Насчитывают >1000 шт. искусственных радионуклидов. Наиболее опасные искусственные радионуклиды – ^{239}Pu, ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{131}I.

Основными источниками излучений при ядерных взрывах и ряде аварий являются продукты деления, наведенная нейтронами активность, трансурановые элементы и тритий. При ядерных взрывах широко распространяется ^{89}Sr и ^{90}Sr, а при авариях – в основном ^{137}Cs. В первые месяцы после ядерного взрыва основную опасность в смеси осколков деления представляют ^{131}I, ^{140}Ba и ^{89}Sr, а в последующем ^{90}Sr и ^{137}Cs. Большинство образующихся радионуклидов является бета- и гамма-излучателями (^{131}I, ^{137}Cs, ^{140}Ba и др.), остальные испускают только бета- (^{90}Sr, ^{135}Cs и др.) или альфа-частицы (^{144}Nd, ^{147}Sm).

Дополнительным источником радиоактивного загрязнения местности в районе взрыва служит *наведенная радиоактивность*, возникающая в результате воздействия потока нейтронов, образующихся при цепной реакции деления урана или плутония на ядра атомом различных веществ окружающей среды (реакция активации). Захват нейтронов ядрами многих химических элементов приводит к появлению радиоизотопов (продуктов активации) в атмосферном воздухе (^{14}C, ^{3}H, ^{39}Ar), воде (^{24}Na, ^{31,32}P, ^{53,54}Mn, ^{35}S, ^{65}Zn и др.), почве (^{45}Ca, ^{24}Na, ^{27}Mg, ^{29}A1, ^{31}Si и др.), в материалах сооружений и т. п. Большая часть их распадается с испусканием бета-частиц и гамма-излучения со сравнительно малым периодом полураспада (за исключением ^{14}C).

Глобальные выпадения радионуклидов формируются на протяжении длительного времени: многих недель, месяцев и даже лет после взрыва. Их изотопный состав определяется долгоживущими радиоактивными продуктами, главным образом ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{95}Zr, ^{95}Nb. Наиболее часто искусственное радиоактивное загрязнение почв вызывают изотопы ^{235}U, ^{238}U, ^{239}Pu, ^{129}I, ^{131}I, ^{144}Ce, ^{140}Ba, ^{106}Ru, ^{90}Sr, ^{137}Cs и т. д. Период корневого поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию после радиационной аварии называется *третьим* периодом в динамике радиационной обстановки, начинающийся со второго года после аварии. Основную опасность представляют изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr.

Постоянное распространение искусственных радионуклидов, выбрасываемых в биосферу при ядерных взрывах, привело к тому,

что практически все вещества, ее составляющие и принимающие участие в круговороте химических элементов, в настоящее время оказались в той или иной мере загрязнены продуктами деления тяжелых ядер. Известно, что интенсивность радиоактивного излучения отдельных элементов биосферы убывает по мере удаления от первичного очага загрязнения, поэтому в местах, находящихся на достаточно больших расстояниях от этих районов, величины удельной радиоактивности различных компонентов биосферы остаются на уровне естественного фона. В табл. 3.20 приведены основные характеристики наиболее важных радиоактивных веществ.

Таблица 3.20

Характеристика радиоактивных элементов (Орлов и др., 1991)

Элемент	Период полураспада	Вид излучения	Элемент	Период полураспада	Вид излучения
^{14}C	5568 лет	β	^{90}Sr	28 лет	β
^{42}K	12,4 часа	β, γ	^{137}Cs	33 года	β, γ
^{65}Zn	250 суток	β, γ	^{239}Pu	2,4 x 10^4 лет	α, γ
^{131}I	8 суток	β, γ	^{60}Co	5,27 лет	β, γ

Радиоактивные вещества, попавшие на поверхность почвы, активно вовлекаются в процессы вертикальной миграции. Среди факторов, определяющих направление и интенсивность миграции радионуклидов, важное место занимает роющая деятельность животных. Большую интенсивность накопления радионуклидов выбросами почвороев можно объяснить значительным уменьшением плотности и увеличением порозности почвы по сравнению с ненарушенной почвой. Со старением пороев отмечается убыль радиоактивности. Исключение составляют порои грызунов в сильно увлажненных почвах. Выбросы млекопитающих после незначительного первоначального повышения в них радиоактивности способствуют ее уменьшению. Учитывая, что количество свежих и старых пороев по площади значительно превосходит годовые, в целом можно сказать, что почвенные новообразования являются факторами снижения радиоактивности поверхностных слоев почвы. Кроме того, выбросы млекопитающих служат фактором «захоронения» верхних слоев почвы, в которых, как правило, накапливается большое количество радионуклидов.

Включаясь в биологический круговорот, радионуклиды через растительную и животную пищу попадают в организм человека и, накапливаясь в нем, вызывают радиоактивное облучение. Радионуклиды, подобно многим другим загрязняющим веществам, постепенно концентрируются в пищевых цепях.

В экологическом отношении наибольшую опасность представляют ^{90}Sr и ^{137}Cs. Это обусловлено длительным периодом полураспада (28 лет ^{90}Sr и 33 года ^{137}Cs), высокой энергией излучения и способностью легко включаться в биологический круговорот, в цепи питания. Стронций по химическим свойствам близок к кальцию и входит в состав костных тканей, а цезий близок к калию и включается во многие реакции живых организмов.

Искусственные радионуклиды закрепляются в основном (до 80–90 %) в верхнем слое почвы: на целине – слое 0–10 см, на пашне – в пахотном горизонте. Наибольшей сорбцией обладают почвы с высоким содержанием гумуса, тяжелым гранулометрическим составом, богатые монтмориллонитом и гидрослюдами, с непромывным типом водного режима. В таких почвах радионуклиды способны к миграции в незначительной степени. По степени подвижности в почвах радионуклиды образуют ряд $^{90}Sr > {}^{106}Ru > {}^{137}Ce > {}^{129}J > {}^{239}Pu$.

Естественный травостой удерживает 30–40 % выпавшего количества гамма-излучающих нуклидов и около 30 % ^{137}Cs. Сеяные многолетние травы удерживают соответственно 20–40 и 7–15 %. На пашне, сразу после выпадения более 97 % радиоактивных веществ, сосредоточивается в верхнем двухсантиметровом слое. В дальнейшем происходит постепенная миграция радионуклидов в глубь почвы.

Установлены ряды растений в отношении их способности аккумулировать Sr^{90}: гречиха > соевые бобы > люцерна > суданская трава > кукуруза. Вынос Sr^{90} разными растениями может различаться в 10 раз. Поэтому одним из способов получения растительной продукции с меньшим содержанием радиоактивных элементов является выращивание сельскохозяйственных растений с пониженной способностью поглощать эти элементы.

Радиоактивные вещества, выпавшие на поверхность почвы из атмосферы и осевшие с поверхности растений, могут служить существенным источником повторного механического их загрязнения уже после прекращения выпадения радиоактивных осадков. Загрязнение растений радиоактивной пылью происходит при поднятии ее с поверхности земли ветром, пасущимися животными, при разбрызгивании каплями дождя и обработке или уборке урожая сельскохозяйственными машинами. Дополнительный вклад ^{90}Sr, ^{106}Ru и ^{144}Ce в процессе уборки естественных трав может достигать 50 % поступления ^{90}Sr через корневые системы. Следовательно, при уборке сельскохозяйственных культур необходимо учитывать повторное радиоактивное загрязнение их почвой и с целью его сни-

жения использовать такие технологии, которые в меньшей степени загрязняют продукцию.

При некорневом радионуклидном загрязнении растительности переход их из корма в организм животных и продукцию животноводства, как правило, выше, чем при корневом поступлении.

В случае корневого поглощения радионуклидов растениями интенсивность включения их в процессы миграции по биологическим цепям определяется типом почвы и физико-химической природой элемента. Скорость и размеры корневого усвоения радионуклидов растениями определяются растворимостью радиоактивных веществ, физико-химическими свойствами почв и физиологическими особенностями растений. Так как радионуклиды разных элементов сорбируются почвенно-поглощающим комплексом неодинаково, то и перенос их из почвы в растения происходит различно.

Накопление радионуклидов сильно зависит от типа почв: хуже они всасываются из сероземов и черноземов, а лучше всего из торфоболотных и легких почв (песчаные и подзолистые), красноземы и лугово-карбонатные почвы занимают промежуточное положение. При некорневом пути поступления более подвижным является ^{137}Cs. Поступление ^{90}Sr и других радионуклидов происходит при этом в десятки раз медленнее. При корневом поступлении наиболее подвижным является ^{90}Sr. ^{137}Cs сильнее сорбируется почвой и поэтому в относительно меньших количествах переходит из почвы в растения.

По корневому пути из почвы во все последующие годы после выпадения радионуклидов происходит загрязнение грибов, ягод, дикорастущих плодов, лекарственных и кормовых растений. В луговых почвах радионуклиды адсорбированы в слое дернины глубиной 0,5 см; миграция их по профилю почвы происходит очень медленно. На лугах, загрязненных чернобыльскими выбросами, после распада короткоживущих радионуклидов радиоактивность обуславливается в основном радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr. У травянистых видов идет значительное накопление изотопов цезия и стронция. При содержании ^{90}Sr в почве до $1{,}11 \cdot 10^{12}$ Бк/км^2 (30 Ки/км^2) в растениях накапливается его от $1{,}7 \cdot 10^3$ до $8{,}14 \cdot 10^3$ Бк/кг (от $4{,}6 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг до $2{,}2 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг). Это очень высокое загрязнение. Как показали наблюдения, растения естественных кормовых угодий всегда характеризуются более высокой удельной радиоактивностью, чем сеяные травы и различные сельскохозяйственные культуры. Объясняется это тем, что радионуклиды в почвах естественных кормовых угодий сосредоточены в основном в слое 0–5 см, создавая там высокую концентрацию радиоактивных изотопов в единице объема почвы. При

перепашке почвы количество радионуклидов снижается и создаются условия для их меньшей усвояемости растениями. Это подсказывает путь улучшения естественных кормовых угодий в условиях радиационного загрязнения. За счет корневого поступления в основном происходит накопление радионуклидов и в древесине. Так, через 6 лет после чернобыльских выпадений содержание радионуклидов в древесине возросло в 5–15 раз.

По способности к накоплению растениями радионуклиды образуют ряд: $^{65}Zn > {}^{90}Sr$, ^{137}Cs, $^{59}Fe > {}^{144}Ce$, ^{106}Ru, $^{95}Zr > {}^{239}Pu$, ^{147}Pm, ^{91}Y, ^{235}U.

Большинство искусственных радионуклидов прочно сорбируются почвенным поглощающим комплексом и включаются в биологический круговорот в сравнительно небольших количествах. Исключение составляют ^{65}Zn, ^{89}Sr и ^{90}Sr, отличающиеся наибольшей подвижностью в системе «почва – растение». Например, коэффициент накопления ^{65}Zn при переходе из воды в почву, а затем и траву пастбищ равен 440 (мкКи/г сырого вещества)/ (мкКи/мл воды), а цезия, кобальта и церия – лишь 0,19; 0,07 и 0,03 соответственно. Из большинства типов почв поступление ^{137}Cs в растения, как правило, меньше или соизмеримо с поступлением ^{90}Sr. Но в определенных почвенно-климатических условиях перенос ^{137}Cs из почв Белорусско-Украинского Полесья в растения может значительно превосходить перенос ^{90}Sr. На легких по гранулометрическому составу песчаных почвах накопление ^{137}Cs растениями в 40–50 раз больше, чем ^{90}Sr.

Из растворов поглощение корнями растений радионуклидов происходит в больших количествах, чем из почв. По интенсивности поступления из водных растворов и растения пшеницы радионуклиды располагаются в следующем порядке: $^{137}Cs > {}^{90}Sr > {}^{144}Ce > {}^{106}Ru > {}^{95}Zr$. При этом ^{90}Sr и ^{137}Cs активно перемещаются по всему растению, а ^{106}Ru и ^{95}Zr накапливаются преимущественно в корнях и далее практически не транспортируются. По сравнению с водным раствором поступление радионуклидов в растения из почвы резко уменьшается. Это уменьшение для ^{90}Sr составляет примерно 20 раз, для ^{137}Cs и ^{144}Ce сотни и даже тысячи раз. Весьма малой миграционной способностью из почвы в растения отличаются ^{106}Ru и ^{95}Zr. Поскольку фиксация радионуклидов почвенно-поглощающим комплексом происходит не одновременно, а растянуто во времени, доступность их растениям снижается постепенно. В первый год попадания к почву ^{90}Sr переход его в растения на 20–30 % больше, чем в последующие годы. По сравнению с ^{90}Sr биологическая доступность растениям из почвы ^{137}Cs

убывает со временем значительно быстрее. Так, усвоение ^{137}Cs растениями на второй год после поступления в почву снижалось в 3 раза, на третий – в 5 раз, а через восемь лет – в 10 раз. Наибольший эффект наблюдается на почвах, богатых глинистыми минералами, особенно иллитом и вермикулитом. Переход радионуклидов из почвы в растения во многом определяется их видовыми и сортовыми особенностями (строение корневой системы, характер метаболизма). Исследования И. Т. Моисеева, проведенные в полевых условиях, показали, что видовые различия в накоплении ^{137}Cs зерновыми и зернобобовыми культурами достигают четырнадцатикратной величины, сортовые различия не превышают двукратной.

Наибольшей способностью накапливать ^{137}Cs отличаются травостои естественных пастбищ и сенокосов. Это обусловлено, с одной стороны, аккумуляцией дерниной радионуклидов в наиболее доступной для растений форме, а с другой стороны, особенностями формирования корневой системы естественными лугопастбищными культурами по сравнению с полевыми корневыми культурами. Поскольку накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных растений определяется концентрацией их в почве и биологической доступностью, коэффициенты пропорциональности для различных культур неодинаковы. При поверхностном загрязнении естественных кормовых культур одним ^{90}Sr, равным $3{,}7 \cdot 10^7$ Бк/км^2 (1 мКи/км^2), 1 кг сухого вещества естественных трав содержит 4,8 стронциевой единицы (СЕ), сеяных злаковых трав – 1,5, свеклы – 1,7, клубней картофеля – 1,56, а 1 кг зерна пшеницы – 0,8 СЕ (Алексахин, Корнеев, Сизиткини, 1987). Поглощение радионуклидов растениями из почвы зависит также от ее состава. Почвы тяжелого гранулометрического состава отличаются большей поглотительной способностью, чем легкие. Существенное влияние на переход из почвы в растения ^{137}Cs оказывает содержание в ней органического вещества. Поступление этого радионуклида в растения из торфянистых почв больше, чем из минеральных, в несколько раз. Данный факт может иметь определенное значение при оценке загрязнения естественных и культурных сенокосов и пастбищ в целях разработки мероприятий по дезактивации и рационального их использования. В период массированных глобальных выпадений загрязняющих радиоактивных элементов (1963–1964 гг.) было отмечено, что уровень загрязнения растений в северных районах существенно выше, чем в южных. В Северной Америке и Скандинавии кормовые растения естественных пастбищ накапливали ^{90}Sr и ^{137}Cs в десять раз больше, чем аналогичные растения в южных странах. При этом из всех ви-

дов кормов зерновая продукция содержит наименьшие количества радионуклидов по сравнению с кормами из вегетативных органов растений.

Особенность радиоактивного загрязнения почвенного покрова заключается в том, что количество радиоактивных примесей чрезвычайно мало, и они не вызывают изменений основных свойств почвы – pH, соотношения элементов минерального питания, уровня плодородия. Поэтому, в первую очередь, следует лимитировать (нормировать) концентрации радиоактивных веществ, поступающих из почвы в продукцию растениеводства.

Изучению распределения радионуклидов в почве, их миграции по трофическим цепям посвящено большое число исследований. В то время как воздействию ионизирующих излучений на свойства почвы, в том числе биологические, посвящено гораздо меньше работ.

В настоящее время на кафедре экологии и природопользования Ростовского госуниверситета (ЮФУ) проводятся исследования по изучению влияния гамма-излучения на биологические свойства чернозема обыкновенного. Показано, что гамма-излучение в зависимости от дозы (0,1; 0,5; 1,0 и 2,0 Мрад) оказывает различное подавляющее воздействие на численность микрофлоры и активность ферментов чернозема обыкновенного (Денисова и др., 2005). Микроорганизмы по радиорезистентности образовали следующий ряд: амилолитические бактерии > бактерии рода *Azotobacter* > спорообразующие бактерии > аммонифицирующие бактерии > грибы. Даже через 90 суток инкубации после воздействия гамма-излучения численность грибов в зависимости от дозы ниже контроля на 31–96 %. Доза 2,0 Мрад для бактерий рода *Azotobacter* является летальной.

Ферментативная активность чернозема более устойчива к гамма-излучению, чем микрофлора. Однако чувствительность ферментов зависит от их природы: дегидрогеназа чувствительнее, чем каталаза. Активность инвертазы вследствие высокого варьирования достоверно не отличалась от контроля. Активность каталазы через 90 суток после облучения во всех вариантах на уровне контроля. Активность дегидрогеназы в вариантах с дозами 0,1 и 0,5 Мрад выше контроля на 65 и 63 % (Денисова, Казеев, 2005).

Значение интегрального показателя биологических свойств (ИПБС) чернозема обыкновенного под влиянием гамма-излучения снижается в зависимости от дозы воздействия на 20–63 %. Через 90 суток в вариантах с дозами 0,1 и 0,5 Мрад значения ИПБС достоверно не отличаются от контроля, в вариантах с дозами воздействия 1,0 и 2,0 Мрад остаются на 46 и 59 % ниже контроля.

Показано, что варьирование ИПБС 5–9 % находится в пределах нормы, а снижение ИПБС более чем на 10 % по сравнению с контролем – это уже существенное негативное воздействие фактора (Колесников и др., 2000; Казеев и др., 2003). Таким образом, скорость восстановления биологических свойств зависит от дозы облучения: чем меньше доза, тем быстрее восстанавливаются биологические свойства чернозема обыкновенного. Но даже спустя 90 суток при дозах гамма-излучения 1,0 и 2,0 Мрад не происходит полного восстановления биологических параметров.

Для районов, пострадавших от Чернобыльской катастрофы, с участием кафедры сельскохозяйственной радиологии и экологии Калужского филиала Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (Сюняев, Соколова и др.) разработан и рекомендован комплекс противорадионуклидных мероприятий, в том числе внесение в почву повышенных доз извести, фосфорных и калийных удобрений. В присутствии извести радиоцезий меньше поступает в корневую систему, не всасывается растениями и остается в почве. Калий по своим химическим свойствам очень близок к цезию, поэтому он вытесняет радиоцезий на пути к корням. Фосфор же нужен для сбалансированного питания растений. Количество азотных удобрений должно быть ограничено – соединения азота способствуют впитыванию радиоцезия.

Кроме проведения агрохимических мероприятий важное значение имеют организационно-хозяйственные действия. Например, поскольку растения способны поглощать радионуклиды не только через корни, но и через листья, для предотвращения вторичного загрязнения надо усиленно бороться с пылью. В первую очередь, это асфальтирование дорог, а где дорог нет, следует способствовать естественному появлению лесов и лугов, так как там пыли меньше.

Среди научно подтвержденных рекомендаций – отказ от ежедневной перегонки скота с пастбища в деревню. Такие переходы поднимают пыли не меньше, чем самый сильный ветер, поэтому лучше держать скотину в загонных стойлах. Экспериментальным путем выяснено, что чем выше урожайность, тем меньше радионуклидов достается растениям – за счет эффекта разбавления. Отсюда еще одна вроде бы очевидная рекомендация – строгое следование технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, чтобы вырастить максимальный урожай.

Установлено, что больше всего радиоактивных веществ попадает в организм весной, до конца мая: коровы щиплют молодую мелкую траву вместе с корешками и прихватывают немало земли. К

лету, к началу июня, обстановка стабилизируется – трава подросла и уже не так загрязнена.

Исследования кафедры показывают, что через 8 лет после Чернобыля содержание в почве радиоактивного цезия, у которого период полураспада 30 лет – 30 %. Радиоактивного стронция осталось очень мало. Произошли изменения в поверхностном слое: за счет миграции часть радиоцезия, около 10 %, ушла вглубь на 40–60 см. Количество радионуклидов, как и следовало ожидать, упало естественным путем. Но полная очистка от них наступает через 10 периодов полураспада. До сих пор содержание радиоцезия остается высоким. При допустимом уровне плотности загрязнения 1 кюри на квадратный километр в тех районах есть пятна с загрязнением до 5 кюри, а на некоторых участках в самых пострадавших районах – до 15 кюри. В хозяйствах имеются радиологические паспорта, где подробно обозначены загрязненные площади на всех угодьях, пастбищах, сенокосах, чтобы ими не пользовались.

Выделение экологической составляющей плодородия почв очень условно. Так или иначе она связана с особенностями корневого питания растений и обеспеченностью их водой, воздухом и теплом. К тому же сама обеспеченность почв гумусом и комплексом химических элементов, несомненно, незаменимые экологические факторы и их изучение представляет самостоятельную область науки – агрохимию или экологическую агрохимию.

Однако анализируемые экологические компоненты плодородия не представляют количественно-качественные характеристики элементного питания растений, но в значительной степени определяют уровень этого питания. Методологически докучаевский системный анализ позволяет рассматривать плодородие почв как целостное явление с комплексом составляющих его соподчиненных и взаимосвязанных систем.

Таким образом, в разделе об экологических особенностях плодородия почв анализируются следующие характеристики почвенной среды обитания растений: гранулометрический состав почвенной массы, обменная поглотительная способность, реакция почвенной среды (pH), солонцеватость почв, засоленность почв, карбонатность и выщелоченность почв, ферментативная активность почвенной массы как компонент общей биологической активности почв.

Почвенные характеристики, связанные с обеспеченностью растений водой и воздухом, рассматривается особо.

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Выделение экологической составляющей плодородия почв очень условно. Так или иначе она связана с особенностями корневого питания растений и обеспеченностью их водой, воздухом и теплом. К тому же сама обеспеченность почв гумусом и комплексом химических элементов, несомненно, незаменимые экологические факторы и их изучение представляет самостоятельную область науки – агрохимию или экологическую агрохимию.

Однако анализируемые экологические компоненты плодородия не представляют количественно-качественные характеристики элементного питания растений, но в значительной степени определяют уровень этого питания. Методологически докучаевский системный анализ позволяет рассматривать плодородие почв как целостное явление с комплексом составляющих его соподчиненных и взаимосвязанных систем.

Таким образом, в разделе об экологических особенностях плодородия почв анализируются следующие характеристики почвенной среды обитания растений: гранулометрический состав почвенной массы, обменная поглотительная способность, реакция почвенной среды (pH), солонцеватость почв, засоленность почв, карбонатность и выщелоченность почв, ферментативная активность почвенной массы, как компонент общей биологической активности почв.

Почвенные характеристики, связанные с обеспеченностью растений водой и воздухом, рассматривается особо.

4.1. Гранулометрический состав почвенной массы

Академик В. А. Ковда (1973) отмечает: «Важнейшие физические свойства почвы (сложение, структура, водопроницаемость, влагоемкость и водоподъемная способность), поглощение и обмен ионов, запасы питательных веществ в весьма большой степени зависят от диаметра первичных механических частиц, слагающих почву, и от соотношения различных фракций».

Разные по гранулометрии почвы имеют свои экологические особенности.

Песчаные почвы. Почвообразование на породах этого гранулометрического состава имеет свои оригинальные особенности. На песках не образуются зональные типы почв, нет типичных подзолистых почв, черноземов, каштановых почв, красноземов песчаного и супесчаного состава. Всегда и всюду на песках формируются оригинальные почвы, занимающие в классификационных построениях особое место. В тайге – это гумусово-железистые подзолы, в черноземной зоне – серопески, в пустынях и полупустынях – бугристые пески. Все песчаные почвы в каждой зоне имеют свои, только им присущие черты.

Пески имеют разнообразный вещественный состав: от мономинерального, почти чисто кварцевого, до полиминерального, полево-шпатового. Это определяет их экологическую востребованность растениями. Более благоприятные условия создаются на многоминеральных песках.

Пески имеют низкую поглотительную способность. Полностью отсутствует связанность, пластичность, набухаемость. Образующиеся агрегаты в супесчаных почвах разрушаются при малейшем сжатии. Типична низкая влагоемкость песчаной массы. Однако почти вся влага, удерживаемая почвой, доступна растениям. Водопроницаемость очень высокая при крайне ничтожной водоподъемной способности из-за незначительной капиллярной влагоемкости. Поэтому песчаным почвам присущ промывной водный режим, как бы не были сухи климатические условия. Соленакопления в песках не происходит. В водном режиме песков значительно участие парообразной влаги в ее миграциях из-за температурных перепадов и переходов от парообразной до капельно-жидкой. Это обуславливает экологический оптимум песков в сухих районах.

Способность к накоплению элементов питания в песках крайне низкая. Всегда специфичны культурные растения песчаных почв как по видовому составу, так и по качеству и количеству урожая.

Суглинистые почвы. На суглинистых почвах проявляются все черты зонального почвообразования и тем в большой степени, чем тяжелее гранулометрический состав, чем больше в составе механических элементов физической глины. Природа почв определяется широким спектром разнообразных минералов. Поэтому поглотительная способность имеет средние величины. Средние величины в пределах возможных почвенных лимитов характерны и для плотности, набухаемости, фильтраци-

онной способности, влагоемкости, наличия продуктивной влаги и др. Суглинистые почвы не обладают способностью образовывать хорошо оструктуренную среду, состоящую из зернистых и комковатых фракций. Агрегаты легко разрушаются при механическом воздействии. Структурное состояние пахотных горизонтов склонно к быстрому разрушению и переходу в пылеватое состояние. Однако, что положительно, глыбистость – явление редкое и нестабильное.

Почвы легко обрабатываются при широком диапазоне влажности, создающей физическую спелость. Физическая оптимальность до известной степени определяется присутствием песчаных фракций. Суглинистый состав почв благоприятен для многих растений. Экологическую оптимальность на этих почвах находят как растения супесчаного ряда, так и глинистого. Однако для большинства зерновых культур, сахарной свеклы, подсолнечника уровень потенциального плодородия определяется как средний и агрохимическое окультуривание – обязательный прием в земледелии.

Глинистые почвы. Вещественный состав в значительно большей степени тяготеет к тонкодисперсным особым вторичным глинистым минералам. Первичные минералы – обломки полевых шпатов, кварца и др. – находятся в минимуме. Для тяжелых почв важнейшим фактором экологического оптимума становится структурность. Структурность определяет уровень физического и водно-физического состояния среды. Только зернисто-комковатые почвы обладают экологическим оптимумом для растений и почвенных животных.

Глинистая масса обладает способностью агрегироваться в водопрочную структуру при экологически оптимальных биологических факторах, способствующих развитию дернового процесса под травами и культурами с мочковатой корневой системой. Сами агрегаты требуют для их разрушения в сухом состоянии больших усилий. Бесструктурность приводит к сплошности, слитости, уплотнению почв, резко сокращается объем воздушной фазы, возрастает доля воды, недоступной для растений, т. е. прочно связанной с илистой частью твердой фазы. Почвы теряют фильтрационную способность, водопроницаемость сводится на нет. При избытке влаги происходит ее застой на поверхности и в самой почве, развивается заболачивание. Дренажные системы, будь-то канавы или вертикальные

дрены, малоэффективны. Дальность их действия ограничивается лишь немногими метрами.

В тяжелых почвах влажность физической спелости, когда можно вести обработку, весьма ограничена: или обнаруживается высокая липкость на орудия обработки, или слишком повышенная твердость. И в этом и в другом случаях структура распыляется.

Типична высокая пластичность и вязкость во влажном состоянии и механическая твердость в сухом. Высокая набухаемость и усадка приводит к сплошности влажной почвенной бесструктурной массы, к ее глыбистости, глубокой трещиноватости при высыхании.

Значительны величины поглотительной способности глинистых почв, особенно обогащенных гумусом. Поэтому эти почвы являются природными барьерами, связывающими тяжелые металлы, радиоактивные элементы и изотопы. Это имеет двоякий эффект. С одной стороны, ограничивается миграция загрязнителей в ландшафтных составляющих окружающей среды, с другой – загрязнители надолго стабилизируется на одной территории, но распространяются по биологическим цепям питания в трофических системах.

Глинистые верхние горизонты почв обычно обладают способностью к максимальному гумусонакоплению в сравнении с более легкими по гранулометрическому составу разновидностями. Типична высокая естественная обеспеченность питательными веществами. Обычно с уменьшением размера гранулометрических фракций происходит возрастание подвижных соединений фосфора, калия, кремнекислоты и других элементов.

Диапазон использования тяжелых почв растениями обширен. Однако главным фактором экологической неблагоприятности становятся физические свойства корнеобитаемой толщи, ее рыхлость, связанная со степенью структурности. Много в почвах воды, недоступной растениям. Соотношение воды и воздуха в тяжелых почвах – важнейший экологический критерий.

Противоречивы по плодородию глинистые почвы, хотя они все считаются от природы богатыми минеральной пищей и способными к высокому накоплению органического вещества. Главным в реализации эффективного плодородия является физическое структурное состояние. Наши глинистые черноземы обладают прекрасными физическими свойствами всей корнеобитаемой

толщи на большую глубину. А вот глинистые почвы лесных зон по физическим характеристикам далеки от оптимальных экологических условий. По этому гранулометрический состав структурных и бесструктурных почв в отношении их использования оценивается по-разному.

Не все растения одинаково реагируют на гранулометрический состав почв. Несмотря на большую экологическую приспособленность к почвам различного гранулометрического состава, есть определенный оптимум для каждой группы культур, и это необходимо учитывать при разработке мероприятий по рациональному использованию земель. Например, черешня и картофель неплохо плодоносят на тяжелосуглинистых черноземах. Однако наибольшая урожайность, лучшее развитие наблюдается на супесчаных и легко суглинистых почвах. Есть целая группа растений-псаммофитов, предпочитающих песчаные местообитания: житняк сибирский, кумарчик песчаный, саксаул, овес песчаный, сосна и др. Многие растения, такие как кукуруза, слива, вишня, ель, дуб и другие, не выносят песчаных почв.

Неодинаковое плодородие почв различного гранулометрического состава иллюстрируют табл. 4.1–4.5.

Таблица 4.1

Степень влияния гранулометрического состава на эффективное плодородие почв для зерновых культур (Гаврилюк, Вальков, Клименко)

Гранулометрический состав	Черноземы	Темно-каштановые почвы	Каштановые и Светло-каштановые почвы
Глинистый	0,9	0,8	0,7
Тяжелосуглинистый	1,0	1,0	0,9
Среднесуглинистый	0,8	0,9	1,0
Легкосуглинистый	0,7	0,7	0,8
Супесчаный	0,5	0,6	0,6
Песчаный	0,3	0,3	0,3

Таблица 4.2

Уровень плодородия виноградных почв в зависимости от содержания физической глины (Вальков, Фиськов)

Гранулометрический состав	Физическая глина, %	Уровень плодородия группы винограда		
		красные	белые	технические столовые
Песок рыхлый	0–5	0,50	0,50	0,50
Песок связный	5–10	0,68	0,70	0,71
Супесь	10–15	0,82	0,84	0,85
	15–20	0,93	0,93	0,94
Суглинок легкий	20–25	0,98	0,98	0,98
	20–30	1,00	1,00	1,00
Суглинок средний	30–35	0,98	0,98	0,99
	35–40	0,95	0,93	0,95
	40–45	0,92	0,98	0,90
Суглинок тяжелый	45–50	0,88	0,84	0,85
	50–55	0,84	0,78	0,80
	55–60	0,79	0,73	0,74
Глина легкая	60–65	0,75	0,67	0,69
	65–70	0,70	0,62	0,64
	70–75	0,66	0,56	0,58
Глина средняя	75–80	0,60	0,51	0,53
	80–85	0,55	0,47	0,48
Глина тяжелая	Более 85	0,50	0,40	0,43

Таблица 4.3

Гранулометрический состав и уровень плодородия плодовых почв с промывным водным режимом (коэффициент увлажнения более 1,00)

Физическая глина, %	Гранулометрический состав	Северный Кавказ	Молдова	Рациональное использование
0–5 5–10	Песчаный	0,20 0,47	– –	Недостаточно плодородные бедные почвы
10–15 15–20	Супесчаный	0,70 0,90	– –	Удовлетворительные для всех плодовых, хорошие для черешни, нуждаются в окультуривании
20–25	Легкосуглинистый	0,97	0,66	Хороши для всех плодовых
25–30	Среднесуглинистый	1,00	0,66	Хороши для всех плодовых
30–35 35–40 40–45	Тяжелосуглинистый	1,00 0,96 0,93	0,80 0,80 1,00	Удовлетворительные почвы
45–50	Легкоглинистый	0,88	1,00	На склонах хорошие
50–55 55–60 60–65 65–70 70–75 75–80	Глинистый	0,82 0,76 0,70 0,65 0,60 0,57	0,81 0,81 0,81 0,81 – –	Часто неудовлетворительные из–за плохих физических свойств

Таблица 4.4

Гранулометрический состав и уровень плодородия плодовых почв с периодическим промывным водным режимом (коэффициент увлажнения менее 1,00)

Физическая глина, %	Гранулометрический состав	Северный Кавказ	Молдова	Рациональное использование
0–5 5–10	Песчаный	0,40 0,52	– –	Недостаточно плодородные почвы
10–15 15–20	Супесчаный	0,80 0,93	– –	Все плодовые, кроме сливы, предпочтительно – черешня.
20–25	Легкосуглинистый	0,98	0,77	Необходимо окультуривание
25–30	Среднесуглинистый	1,00	0,77	Необходимо окультуривание
30–35	Тяжелосуглинистый	1,00	0,81	Все плодовые породы
35–40	Легкоглинистый	1,00	0,81	Лучшие почвы для семечковых
40–45 45–50 50–55 55–60 60–65 65–70 70–75 75–80	Глинистый	1,00 0,99 0,95 0,90 0,86 0,80 0,78 0,75	0,81 1,00 1,00 1,00 0,85 0,85 – –	Удовлетворительные. Все плодовые, но лучше слива. Почвы могут осложняться негативными показателями, связанными с засолением и солонцеватостью

Таблица 4.5

Оптимальные условия гранулометрического состава почв для различных растений (Ковда)

Почвы			
песчаные и супесчаные	средне- и легкосуглинистые	структурные тяжелосуглинистые и глинистые	малоструктуренные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые
Озимая рожь	Сорго	Пшеница	Рис
Рожь	Овес	Ячмень	Кукуруза
Картофель	Просо	Кукуруза	Сахарный тростник
Маниок	Рожь	Рожь	Люцерна
Арахис	Гречиха	Соя	Фундук
Арбуз	Ячмень	Подсолнечник	Слива
Дыня	Соя	Кориандр	Вишня
Тыква	Подсолнечник	Клещевина	Гранат
Эспарцет	Кунжут	Пут	Хурма
Черешня	Клещевина	Фасоль	Фейхоа
Оливки	Фасоль	Лен	Пырей
Люцерна желтая	Горох	Сахарная свекла	Люцерна
Житняк сибирский	Томат	Сахарный тростник	Донник

Окончание табл. 4.5

Почвы			
песчаные и супесчаные	средне- и легкосуглинистые	структурные тяжелосуглинистые и глинистые	малоструктуренные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые
Полынь песчаная	Картофель	Конопля	Ель
Овес песчаный	Ямс	Хлопчатник	Дуб
Кумарчик песчаный	Маниок	Вика	Дикая яблоня
Полынь красная	Батат	Клевер	Дикая груша
Прутняк	Черешня	Слива	–
Солодка	Яблоня	Абрикос	–
Саксаул белый	Груша	Вишня	–
Саксаул черный	Чай	Грецкий орех	–
Тамарикс	Оливки	Гранат	–
Песчаная акация	Виноград	Хурма	–
Сосна	Грецкий орех	Фейхоа	–
–	Лавр	Лиственница	–
–	Мандарин	Дуб	–
–	Лимон	Клен	–
–	Айва	Ясень	–
–	Инжир	–	–
–	Табак	–	–
–	Кедр	–	–
–	Дуб	–	–
–	Клен	–	–

Особенно важно учитывать гранулометрический состав почв при выборе участков под многолетние насаждения, так как ошибки, допущенные при за кладке садов и виноградников, обнаруживаются слишком поздно и чреваты значительными затратами труда и средств (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Гранулометрический состав почв и их пригодность для плодовых насаждений

Гранулометрический состав	Зоны избыточного увлажнения – подзолистые почвы, желтоземы	Зоны достаточного увлажнения – лесостепные и бурые лесные почвы	Зона недостаточного увлажнения – черноземы	Зона засушливая – южные черно земы, каштановые почвы
Песчаный и супесчаный	Могут быть использованы под сады. На юге хороши для черешни	На юге с успехом используются под черешню, для других плодовых почвы удовлетворительные	Почвы удовлетворительные и хорошие	Удовлетворительные, а иногда и лучшие для плодовых насаждений
Суглинистый	Вполне удовлетворительные как в северных, так и в южных районах	Хорошие	Хорошие	Удовлетвори тельные и иногда неудовлетворительные из-за глубинного засоления
Глинистый	Не вполне удовлетворительные из-за застоя воды и неблагоприятных физических свойств	Удовлетворительные и хорошие иногда не удовлетворительные из-за уплотнения почв	Удовлетворите-льные и хорошие, иногда не удовлетворительные из-за глубинного за соления	Не вполне удовлетвори тельные из-за глубинного за соления

Уровень плодородия почв различного гранулометрического состава, установленный на основе анализа урожайности плодовых насаждений, зависит от увлажненности почв (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Гранулометрический состав и уровень плодородия почв под садами

Гранулометрический состав	Уровень плодородия	Рациональное использование
Влажные условия: серые и бурые лесные почвы, дерново-подзолистые и рендзины		
Песчаный	20–90	Удовлетворительные для всех плодовых, хорошие для черешни, нуждаются в окультуривании
Суглинистый	90–100	Хорошие для всех плодовых
Глинистый	50–90	Часто неудовлетворительные из-за плохих физических свойств. На склонах могут использоваться под все культуры, кроме черешни
Недостаточно влажные и засушливые условия: черноземы и каштановые почвы		
Песчаный	40–90	Все плодовые, кроме сливы, предпочтительно – черешня. Необходимо окультуривание
Суглинистый	90–100	Все плодовые породы. Лучшие почвы для семечковых
Глинистый	75–90	Все плодовые, но лучше слива и вишня. Почвы могут осложняться негативными показателями, связанными с засолением и солонцеватостью

Скелетность почв или содержание в почвах каменистых и щебнистых включений полностью наследуется от материнской породы. Эти механические элементы имеют размер более 1 мм (гравий – 1–3 мм и камни – более 3 мм).

В небольшом количестве скелетные включения или индифферентны, или оказывают положительное влияние, улучшая водно-физические характеристики почвы. Увеличение количества скелета в почве приводит к уменьшению содержания в корнеобитаемой толще мелкозема, что снижает запас питательных веществ и, что очень важно, – продуктивной влаги. Возрастание скелета равносильно снижению мощности корнеобитаемого слоя и, соответственно, снижению плодородия почвы.

Скелет почвы может иметь различное происхождение: известняковый, мергалистый, гранитный, сланцевый, кварцитовый, галечниковый и т. д. Это придает почвам особую экологическую специфику. Например, кварцитовый, гранитный и галечниковый скелеты можно четко определять как балластные наполнения почвенной массы, а обломки мергеля и глинистых сланцев участвуют в формировании круговорота химических элементов в биологических циклах.

Характерна высокая зависимость между урожайностью зерновых культур и каменистостью почв. Уровень плодородия изменяется: на каменистых почвах – 1,0, слабокаменистых – 0,8, среднекаменистых – 0,6, сильнокаменистых – 0,5. М. А. Кочкин для степной зоны дает комплексную оценку для зерновых культур и многолетних насаждений (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Плодородие скелетных почв Крыма, %

Группа почв по скелетности	Количество скелета	Плодородие		
		Зерновые	Сады	Виноград
Мелкоземистые	<10	100	100	100
Слабохрящеватые	10–30	100–90	100	100
Среднехрящеватые	30–50	90–70	100–70	100
Сильнохрящеватые	>50	70–50	70–50	100–70
Хрящевато-щебенчатые	10–30	90–70	100	100
Щебнистые	30–50	70–50	70–50	100–70
Щебнисто-каменистые	50–70	50–30	50–30	70–50
Каменистые	70–90	0–30	0–30	20–50
Скелетные	>90	0	0	20

Скелетность почв не всегда оценивается как неблагоприятный фактор. Особо следует отметить виноградную лозу. Виноград, благодаря способности корней использовать трещиноватость и полости в твердых породах, глубоко проникает в их массу. Поэтому виноград как культурное растение обладает уникальной способностью давать удовлетворительный урожай на маломощных сильнокаменистых почвах, которые для других культур считаются бросовыми, слишком сухими. При этом получается продукция исключительно высо-

кого качества. Такие плантации винограда наблюдаются в районе Новороссийска и Геленджика. Здесь камни, уменьшая количество мелкозема в почве, снижают в некоторой степени ее плодородие (продуктивность виноградников снижается лишь при содержании мелкозема в корнеобитаемой толще менее 40 % от веса), но обломки горных пород представляют собой постоянный запас питательных веществ. Корневая система виноградной лозы в каменистых щебенчатых почвах развивается свободно, почва постоянно обогащается питательными веществами в результате выветривания скелета, что делает виноградную лозу на них долговечной, устойчивой и продуктивной. Лучшие по качеству продукции виноградники расположены на каменистых почвах. Имеет значение и размер каменистых включений. В одних и тех же климатических условиях урожайность виноградной лозы на почвах мелкоскелетных (хрящеватых) больше, чем на крупноскелетных (камни, гравий) при одинаковом объеме скелета.

4.2. Обменная поглотительная способность почв

При анализе поглотительной способности почв, ее отдельных генетических горизонтов, компонентов почвы, материнских пород и других исследователь и практик сталкивается с широким разнообразием величины емкости катионного обмена. Это разнообразие можно сгруппировать следующим образом, как представлено в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Уровень поглотительной способности

ЕКО, м.-экв на 100 г	Объекты наблюдения
3–5	Крайне низкая поглотительная способность, наблюдаемая в сильно элювиированных горизонтах подзолов, почти целиком состоящих из кремнезема и кварца
5–10	Очень низкие величины. Это пески полевошпатовые, песчаные и супесчаные почвы, карбонатные лессы с преобладанием в гранулометрическом составе пылеватых фракций, малогумусные сероземы
10–15	Низкая поглотительная способность, типичная для почв легкого суглинистого состава и также для почв и кор выветривания с обилием свободных окислов железа и алюминия, характерных для влажных тропиков и субтропиков, глины и суглинки без смектитовых минералов
15–25	Средняя величина ЕКО. Наблюдается, как правило, в почвах с промывным водным режимом и не высоким содержанием гумуса (серые и бурые лесные почвы)
25–35	Поглотительная способность выше средней. Это характерно для гумусовых горизонтов сухостепных и полупустынных почв, лессовидных, покровных и других глин и суглинков с относительно равномерным сочетанием смектитовых минералов, гидрослюд, каолинита

Окончание табл. 4.9

ЕКО, м.-экв на 100 г	Объекты наблюдения
35–45	Высокая поглотительная способность, характерная для большинства черноземов, слитоземов, глин различного происхождения, обогащенных смектитовыми минералами (монтмориллонит, бейделит и др.), слитогенетических и иллювиально-глинистых горизонтов
45–60	Очень высокая емкость катионного обмена. Это среднегумусные и тучные черноземы, гумусово-аккумулятивные дерновые горизонты почв различного происхождения
Более 60	Крайне высокая поглотительная способность. Типична только для отдельных компонентов почвенной массы: гумусовые вещества, смектитовые минералы, вермикулит и т. д.

Отдельные поглощенные катионы неравнозначны по результативной сущности в многообразных явлениях природы почв. Об экологической значимости отдельных обменных катионов дает представление следующая обобщенная сводка (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Генетическая и экологическая результативность обменных катионов

Катионы	Экологическая значимость катионов
Ca^{2+}	Кальций по праву считается катионом-хранителем плодородия в связи с его многогранной значимостью. Он присутствует во всех без исключения почвах, но в разных количествах и в разных соотношениях с другими катионами. Оптимум его содержания – 80–90 % от ЕКО. Это величина, характерная для типичных черноземов. Присутствие Ca^{2+} в таких количествах обеспечивает 99,9 % коагуляцию коллоидных систем и, следовательно, создается необходимая предпосылка для высокого структурообразования при активной деятельности корневых систем травянистой растительности и достаточного содержания гумусовых веществ. Однако повышенные количества в почвах интенсивно набухающих глинистых минералов типа монтмориллонита провоцируют слитогенетические явления, противоположные зернистому и комковатому структурообразованию даже при оптимальном содержании ионов Ca^{2+}. Ca^{2+} способен к ионообменному поглощению корнями растений. Однако этот способ питания растений, как правило, не принимается во внимание, т. к. кальций всегда присутствует в почвенных растворах и не является в биосфере дефицитным
Mg^{2+}	Магний всегда сопровождает Ca^{2+}. Типичное соотношение Ca:Mg = 5:1. В таких количествах его действие аналогично действию Ca^{2+}. Экологическая дисгармония почвенной среды может возникать в щелочных почвах при повышении количества магния в ППК за счет снижения содержания Ca^{2+}, т. е. при изменении соотношения Ca : Mg в сторону магния. В этом случае сам Mg^{2+} вызывает повышение щелочности в связи с присутствием в почвенной среде карбонатов и бикарбонатов магния, что, например, наблюдается в лессовидных глинах и суглинках Предкавказья, где щелочность может достигать pH 8,6 – 9,1. Присутствие магния в ППК поддерживает свойства солонцеватости почв и даже приводит в отдельных случаях к образованию особых почв – магниевых солонцов
K^{+}	В питании растений – основной источник доступного калия. Отмечена тенденция необменного поглощения калия из слоя компенсирующих противоионов в кристаллическую решетку минералов

Окончание табл. 4.10

Катионы	Экологическая значимость катионов
Na^+	Натрий в количествах менее 3 % от ЕКО – необходимый компонент оптимального для биоценозов функционирования почвенной системы. В этом случае элемент обеспечивает дисперсность коллоидов на уровне около 0,1 %, что важно для подвижности, динамичности и первоочередной резервности для минерализации гумусовых веществ и обеспечения почвенных растворов биологически необходимыми компонентами. Однако следует признать, что эта роль Na^+ в почвоведении и агрохимии изучена недостаточно. Na^+ как обменный катион является активным пептизатором коллоидов при концентрации его в почвенном растворе ниже порога коагуляции. При этом в состояние золя переходят все коллоидные системы, почва приобретает свойства солонцеватости, становясь текучей, бесструктурной, в растворах появляются щелочные соли, pH может достигать 9,5 – 10,0. Образуются особые почвы – солонцы. Изучение солонцеватости почв и солонцов – особый раздел почвоведения
H^+	Обменный водород – источник почвенной кислотности. Его присутствие фиксируется всегда в бескарбонатных почвах, т. е. в почвах не содержащих $CaCO_3$. В нейтральных почвах при pH от 6,5 до 7,2 H^+ присутствует в ППК в количествах менее 5 % от ЕКО. В этих условиях обменный H^+ экологически нейтрален. В количествах более 5 % от емкости обмена начинают проявляться кислотные свойства почв тем в большей степени, чем выше количество водородного иона в коллоидно-поглощенном состоянии. Максимум кислотности почвенной среды наступает, когда среди обменных катионов водорода становится более 40-50 %, pH почвы при этом становится кислой и сильнокислой (pH 3–5). Максимальное количество водорода в ППК может достигать 80 % от ЕКО
Al^{3+}	Алюминий в обменном состоянии – интенсивный коагулятор коллоидов. Является объектом пристального внимания в кислых почвах. При переходе в почвенный раствор образует гидролитически кислые соли, способствующие повышенной пептизации Al^{3+} в почвенной среде, поэтому учитывается при определении кислотности почв наравне с ионом водорода. Al^{3+} изучается как физиологически токсичный катион
Fe^{3+}	Интенсивный коагулятор коллоидов, как и алюминий во влажных тропических почвах. Участвует в создании структурных микроагрегатов, придающих ферраллитным почвам эффект опесчаненности почвенной массы. Обычно такие почвы рассматриваются как псевдопесчаные. Ожелезненные почвы малопластичны, не набухают, склонны к образованию латеритов
NH_4^+	Ион аммония – единственная возможная аккумуляция доступного растениям азота. Поглощается коллоидами в процессах аммонификации. Легко используется корневыми системами растений. Не накапливается в количествах, превышающих 3 % от ЕКО. Физическая и физико-химическая значимость не изучена. Аммонийный азот, в том числе в обменном состоянии, – особый предмет агрохимических исследований

4.3. Реакция почвенной среды (pH)

Жизнь животных и растений может протекать при pH от 2,5–3 до 10–10,5. За пределами этих концентраций ионов водорода проявление жизни крайне ограничено. Этот же, даже несколько больший, размах pH мы встречаем и в почвах.

Величина pH является наиболее устойчивым генетическим показателем конкретной почвы. Варьирование pH в границах ти-

пичных значений составляет 5–10 %. Всякое изменение реакции среды приводит к резкой смене характера почвообразования и экологических условий обитания организмов.

Классификация почв по степени кислотности и щелочности и влияние реакции среды (pH) на основные свойства почв, растения и микроорганизмы:

pH 4,0–5,0. Резко кислая реакция среды, часто встречается во влажном климате и характерна для сильноподзолистых и болотных почв, для желтоземно- и красноземно-подзолистых почв. Эти почвы сильно промыты от извести, соединений калия, бора, серы, цинка, кобальта, йода. Доступность фосфатов, часто экранированных железом, понижена. Железо, алюминий и марганец подвижны и оказывают на многие растения (кроме чая) токсическое воздействие. Деятельность бактерий подавлена, наблюдается повышенная активность грибов. Многие сельскохозяйственные растения нуждаются в изменении реакции среды, но известкование нужно применять осторожно. На таких почвах оно может вызвать разрушение органических веществ, которыми эти почвы, как правило, бедны, и даже ухудшить их физические свойства. Физические свойства почв нередко весьма благоприятны: их коллоиды скоагулированы подвижными Al^{3+} и Fe^{3+}. В подобных почвах нет периода весенней спелости, их можно обрабатывать в любое время года. Почвы с таким pH наиболее рационально использовать под кислотолюбивые и кислотовыносливые культуры.

pH 5,0–5,5. Сильнокислая реакция среды, характерная для почв влажного климата (подзолистые, дерново-подзолистые, бурые лесные ненасыщенные, желтоземы и красноземы). Состояние фосфатов, соединения железа, алюминия, марганца, кальция, калия, бора, кобальта, йода аналогично резкокислым условиям. Также понижена микробиологическая деятельность и активизирована грибная. Для почв с таким pH при суглинистом и особенно глинистом механическом составе характерны плохие физические свойства – склонность к уплотнению. Весной эти почвы не созревают, а постепенно высыхают. Благоприятные условия обработки бывают только в очень узком диапазоне влажности: то почва сырая и дает пласты, далее легко ссыхающиеся в глыбы, то сухая и пашня глыбистая. Объясняется это тем, что весной образующаяся углекислота при этом pH не вытесняет Ca^{2+}, а соединения алюминия и железа еще не образуют достаточного количества ионов. На севере эти почвы исправляют известкованием.

pH 6,0–6,5. Слабокислая реакция среды, встречающаяся в почвах влажного климата (выщелоченные черноземы, серые и бурые

лесные, насыщенные желтоземы и красноземы). Фосфаты находятся в доступном состоянии, токсичность алюминия и марганца понижена или отсутствует, дефицит серы, кальция, калия, бора, кобальта, йода невысокий. Условия минерального и азотного питания близки к оптимальным. Характерны достаточно благоприятные физические условия при некоторой склонности к уплотнению, повышенный уровень жизнедеятельности микроорганизмов и нитрификационной активности. У этих почв хорошо выражен период спелости, связанный с обесструктуриванием пересыщенной влагой почвы за зиму и вновь образованием структуры весной при прогревании почвы. Процесс созревания таких почв связан с возобновлением микробиологической активности, выделением CO_2, вытеснением кальция водородом угольной кислоты. Появление Ca^{2+} в свободном состоянии вызывает коагуляцию коллоидов и восстановление утраченной за зиму структуры. Так как созревание почвы происходит без большой потери влаги, то срок оптимальной обработки после созревания почвы достаточно велик.

pH 6,5–7,5. Нейтральная реакция среды, типичная для черноземных почв. Благоприятные физические условия, прекрасная оструктуренность, интенсивная микробиологическая деятельность, оптимальные условия фосфорного, азотного и вообще минерального питания, высокий уровень плодородия. Обрабатывать весной необходимо при спелости почвы, которая наступает быстрее, чем у слабокислых почв.

pH 7,5–8,5 (8,7). Слабощелочные условия, наблюдаемые в южных черноземах, в карбонатных почвах, в автоморфных почвах сухих и полупустынных степей. Фосфаты, железо, цинк и марганец могут быть в дефиците. Легко возникает антагонизм между обеспеченностью фосфором, цинком и медью. При систематическом применении фосфора возникает цинковая и медная недостаточность. Возможен хлороз растений, чаще в относительно более влажных условиях. Физические свойства – от отличных (карбонатные черноземы) до неудовлетворительных (солонцеватые почвы). Весеннее созревание почвы идет быстро. Микробиологическая деятельность, нитрификационная способность, условия азотного питания, доступность многих зольных элементов хорошие.

pH 8,5(8,7)–10,0. Сильнощелочные почвы. При pH выше 8,9 в горизонте A_1 почвы следует отнести в группу резкощелочных. Основу этой группы составляют почвы с повышенной щелочной реакцией материнской породы. Такое повышенное pH характерно для материнских пород многих черноземов и каштановых почв. В

этом случае щелочность, не отражаясь существенно на полевых культурах, неблагоприятна для деревьев, особенно для яблони и черешни.

pH 10–12. Резкощелочные почвы. Встречаются местами в аридном климате. Такими могут быть многие солонцы, содовые солончаки. Доступность фосфатов понижена, железо и марганец в дефиците, возможен избыток бора. Характеризуются крайне неблагоприятными физическими условиями, обесструктуренностью и подавленной деятельностью микроорганизмов. Требуют высоких доз гипсования, без которого к сельскохозяйственному использованию непригодны.

Значение солей, встречающихся в почвах, в формировании реакции почвенной среды иллюстрирует табл. 4.11.

Таблица 4.11

Реакция (pH) растворов соединений, встречающихся в почвах

Соединения	pH	Соединения	pH
Na_2CO_3	12–13	$CaSO_4$	7,0
$CaCO_3$ без CO_2	10,2	H_2O	6,7–7,1
$CaCO_3+CO_2$	8,5	$NaSO_4$,NaCl	6,5–6,8
$MgCO_3$	11,5	NH_4Cl	4,7
$Ca(HCO_3)_2$	6,1–8,4	H_2CO_3	3,9–5,7
$NaHCO_3$	8,5–9,5	$KA1(SiO_4)_2$, $AlCl_3$	2–4

Реакция растений на различную кислотность почвы хорошо иллюстрирует табл. 4.12. Четко видно, что угнетающее воздействие кислых условий неодинаково сказывается на различных культурах.

Таблица 4.12

Урожай культур в севообороте при различных значениях pH (по Блеку)

Культура	pH и относительный средний урожай, %				
	4,7	5,0	5,7	6,6	7,5
Кукуруза	34	73	83	100	85
Пшеница	68	76	89	100	99
Овес	77	93	99	98	100
Ячмень	0	23	80	95	100
Люцерна	2	9	42	100	100
Донник	0	2	49	89	100
Клевер красный	12	21	53	98	100
Клевер розовый	16	27	72	100	95
Соя	65	79	80	100	93
Тимофеевка	31	47	66	100	95

Повышенная щелочность ведет заметному снижению урожайности сельскохозяйственных культур. По данным Почвенного института им. В. В. Докучаева, урожайность озимой пшеницы снижается в следующей зависимости: нейтральные – 10, слабо щелочные – 85, щелочные – 65, очень сильно щелочные – 30 %.

Обобщенная сводка требовательности растений к реакции почвенной среды приведена в табл. 4.13 (по В. А. Ковде).

Таблица 4.13

Значения pH почвы, оптимальные для растений и микроорганизмов

Растения	pH	Растения	pH
Пшеница	6,6–7,5–8,5	Картофель	5,3–8,0
Ячмень	6,1–7,2	Лен	5,0–6,0
Рожь	5,5–7,2	Табак	4,5–8,0
Овес	5,0–7,5	Хлопчатник	7,0–8,5
Просо	7,0–8,5	Соя	5,5–6,5
Кукуруза	6,0–8,5	Батат	5,5–7,0
Рис	6,0–8,7	Фасоль	7,0–8,0
Суданская трава	7,5–8,7	Горох	6,0–7,5
Люцерна	7,0–8,3	Конопля	6,0–8,0
Клевер	6,0–6,5	Табак	6,5–8,0
Овсяница обыкновенная	7,5–8,5	Морковь	6,5–8,0
Донник	7,0–8,7	Брусника	4,0–6,0
Житняк	7,0–8,5	Клюква	4,5–5,5
Костер безостый	7,0–8,5	Папайа	6,3–7,0
Виноград	7,0–8,7	Чайный куст	4,8–6,3
Яблоня	6,5–7,5	Тунг	4,5–6,5
Абрикос	7,0–8,5	Грибы	3,5–6,0
Слива	6,5–8,0	Азотобактер	6,8
Вишня	6,5–8,5	Нитрификаторы	6,0–8,0
Сахарная свекла	6,5–7,5	Денитрификаторы	7,0–8,0

В разных регионах данные по оптимальным значениям могут уточняться. Например, по Ставрополью, по данным мониторинговых исследований, оптимум реакции среды иллюстрирует табл. 4.14. (Куприченков и др.). Данные могут быть распространены на весь Южный регион.

Таблица 4.14

Оптимальная реакция среды почв для роста и развития сельскохозяйственных культур

Культура	pH	Культура	pH
Озимая пшеница	6,3-7,3	Подсолнечник	6,0-6,8
Яровая пшеница	6,0-7,5	Люцерна	7,0-8,0
Озимая рожь	5,5–7,5	Клевер	6,0–7,0
Ячмень	6,8–7,5	Вика	5,7–6,4
Овес	5,0–7,7	Костер	7,0–7,5
Кукуруза	6,0–7,0	Райграс	6,8–7,5
Просо	5,5–7,5	Капуста	6,5–7,4
Горох	6,0–7,0	Лук	6,4–7,9
Картофель	5,0–5,5	Огурцы	6,4–7,0
Сахарная свекла	7,0–7,5	Томаты	6,3–6,7
Кормовая свекла	6,2–7,5	Соя	6,5–7,1

Исследования реакции почвенной среды особенно важно для плодовых насаждений. Нормальной реакцией считается pH от 6,0 до 8,0, несколько хуже – 8,3–8,5. На кислых почвах при pH ниже 6 для косточковых пород необходимо известкование. Абрикос не выносит кислой реакции, но он мало чувствителен к щелочной реакции глубоких горизонтов. Груша и яблоня, хорошо развиваясь на слабокислых почвах, совершенно не выносят повышенной щелочности даже в глубоких горизонтах (табл. 4.15).

Таблица 4.15

Оценка реакции среды почв для плодовых насаждений

3,5–4,5	Пригодны под плодовые насаждения только после известкования
4,5–6,0	Пригодны под плодовые насаждения, желательно известкование для косточковых пород
6,0–8,0	Пригодны под сады без мелиорации
8,0–8,5 (8,7)	Хорошие почвы для косточковых и удовлетворительные для семечковых пород
Более 8,5 (8,7)	Под сады непригодны. Возможна посадка абрикоса и вишни после гипсования

В степных условиях, в долинах и дельтах рек часто встречаются почвы с высокой щелочностью глубоких горизонтов почвы и почвообразующей породы. Эта высокая щелочность обусловлена присутствием щелочных солей, магния и натрия, а также нахождением этих катионов в обменном состоянии.

Высокая щелочность глубоких горизонтов сокращает срок жизни садов и делает их нерентабельными. На основании наблюдений за состоянием плодовых деревьев на почвах с различной глубиной залегания высокой щелочности разработаны придержки, позволяющие оценивать садопригодность черноземов и дельтово-долинных почв с глубоким мощным рухляковым слоем (табл. 4.16).

Таблица 4.16

Возможности использования почв для плодовых насаждений при различной глубине залегания высокой щелочности (Неговелов, Вальков)

Ггруппы почв	pH суспензии почвы в слое, см					Возможности использования почв
	0–50	50–150	150–200	200–250	250–300	
I	Менее 6,0	6,0–8,5	6,0–8,7	6,0–8,7	6,0–8,7	Благоприятные почвы для семечковых насаждений, при известковании – для косточковых
II	6,0–8,5	6,0–8,5	6,0–8,7	6,0–8,7	6,0–8,7	Благоприятные почвы для всех насаждений
III	7,0–8,5	7,0–8,5	8,5–8,7	8,5–8,7	Более 8,7	Недостаточно удовлетворительные почвы для зимних сортов семечковых пород на сильнорослых подвоях
IV	7,0–8,5	7,0–8,5	8,5–8,7	Более 8,7	Более 8,7	Почвы пригодны под косточковые породы и семечковые при культивировании последних на низкорослых подвоях. Допустимы наиболее стойкие сорта яблонь на сильнорослых подвоях
V	7,0–8,5	8,5–8,7	Более 8,7*	Более 8,7*	Более 8,7*	Пригодны под косточковые и особенно абрикос, допустимы наиболее стойкие летние сорта яблонь на низкорослых подвоях. Для зимних сортов яблонь непригодны
VI	8,0–8,5	Более 8,7*	Более 8,7*	Более 8,7*	Более 8,7*	Под сады непригодны. Допустима посадка абрикоса

* Проба почвенной суспензии с фенолфталеином дает розовое окрашивание.

Различная глубина залегания высокой щелочности использована как критерий бонитировки садовых почв (табл. 4.17).

В табл. 4.18 приведена схема нуждаемости почв в известковании. Однако разные культуры реализуют свое отношение к кислой реакции среды и потребности в известковании почв неодинаковы.

Таблица 4.17

Уровень плодородия черноземов и долинно-дельтовых почв для плодовых насаждений в зависимости от глубины залегания высокой щелочности

Глубина появления высокой щелочности (pH более 8,5–8,7)	Уровень плодородия	Рациональное использование
25	0,09	Не пригодны под сады
50	0,18	
75	0,28	Возможна посадка абрикоса и вишни
100	0,40	
125	0,50	

Окончание табл. 4.17

Глубина появления высокой щелочности (pH более 8,5-8,7)	Уровень плодородия	Рациональное использование
150	0,60	Пригодны под косточковые и семечковые на слаборослых подвоях
150	0,70	
200	0,80	
225	0,89	Благоприятные почвы для всех плодовых насаждений
250	0,95	
275	1,00	
300	1,00	

Таблица 4.18

Отношение растений к кислотности почв и известкованию (по Сапожникову, Кащенко, Небольсину)

Культура	Отношение к кислотности почв	Эффективность известкования
Рожь озимая	Чувствительна к сильной кислотности	Средняя
Пшеница, ячмень, горох	Чувствительны к сильной и средней кислотности	Высокая
Овес	Чувствителен к сильной кислотности	Слабая
Вика, капуста	Чувствительны к сильной и средней кислотности	Средняя
Свекла столовая	Очень чувствительна	Очень высокая
Морковь, огурцы	Чувствительны к сильной кислотности	Высокая
Помидоры	То же	Средняя
Лук	Чувствителен к сильной и средней кислотности	Высокая
Турнепс и брюква	Чувствительны к сильной и средней кислотности	Средняя
Кукуруза	Чувствительна к сильной кислотности	Средняя
Картофель, лен	Устойчивы	Слабая
Клевер красный	Очень чувствителен	Очень высокая
Клевер розовый	Чувствителен к сильной и средней кислотности	Высокая
Клевер белый	Чувствителен к сильной кислотности	Средняя
Тимофеевка	То же	Слабая или средняя
Овсяница луговая	То же	Средняя
Люцерна	Очень чувствительна	Очень высокая

4.4. Солонцеватость почв

Солонцеватость почв – свойство почвенной массы, возникающее при внедрении в почвенный поглощающий комплекс (органические, минеральные и органо-минеральные коллоиды) обменных ионов Na:

$$\text{ППК Ca} + 2\text{Na} \Leftrightarrow \text{ППК 2Na} + \text{Ca}.$$

При этом происходит подщелачивание среды до pH около 9 в связи с появлением в почвенном растворе соды:

$$\text{ППК Na} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{ППК H} + \text{NaOH}.$$

Коллоидные системы приобретают свойства золей. При увлажнении становятся текучими, структура разрушается, диспергируется, возникает слитность, безвоздушность почвенной массы, которая в сухом состоянии становится глыбисто-столбчатой. Резко ухудшаются условия обитания живых организмов, вплоть до возникновения абиотической среды. Завершается солонцовый процесс образованием солонцов.

Солонцами называют почвы, содержащие в коллоидах иллювиального горизонта обменный натрий в количестве более 15 % от емкости катионного обмена. Почвы с количеством обменного натрия менее 15 % относят к солонцеватым. Солонцеватые почвы выделяются в классификации как роды черноземов, каштановых и других типов почв. Следует отметить, что обменный натрий практически встречается во всех почвах, но его количество не превышает 3 %. Это тот максимальный предел, который необходим для нормальной жизнедеятельности растений.

Неблагоприятные солонцовые свойства – щелочность, дисперсность, набухаемость, дефицит влаги, высокая плотность и другие проявляются при содержании обменного натрия уже свыше 5–20 % от емкости обмена. Кроме неблагоприятных характеристик почвы, связанных с явлениями солонцеватости, обменный натрий оказывает физиологически отрицательное воздействие на растения. Происходит нарушение соотношения катионов кальция и натрия, что затрудняет поступление кальция в растения. Кальций, наоборот, начинает выделяться из корней в почву.

Солонцеватость резко снижает плодородие почв. Ее влияние на урожайность (ц/га) яровой пшеницы убедительно иллюстрируют данные Н. И. Панова, полученные в Карагандинской области:

– темно-каштановая – 13,8; каштановая – 8,2;
– темно-каштановая солонцеватая – 6,4;
– каштановая солонцеватая – 5,4;
– солонец темно-каштановый – 4,0;
– солонец каштановый – 2,0.

Солонцеватость снижает урожаи большинства сельскохозяйственных культур. Для различных природных зон А. И. Серый обобщил материалы различных авторов по влиянию солонцеватости на уровень плодородия почв (табл. 4.19).

Таблица 4.19

Влияние солонцеватости на уровень плодородия почв

Степень солонцеватости почв и подтип солонцов	Уровень плодородия почв различных зон		
	лесостепная	черноземно-степная	сухостепная
Несолонцеватые	1,00	1,00	1,00
Слабосолонцеватые	0,89	0,88	0,88
Среднесолонцеватые	0,71	0,68	0,68
Сильносолонцеватые	0,59	0,55	0,55
Солонцы глубокие	0,55	0,55	0,60
Солонцы средние	0,45	0,45	0,50
Солонцы мелкие	0,30	0,30	0,40
Солонцы корковые	0,15	0,15	0,25

Культурные растения неодинаково реагируют на солонцеватость почв (табл. 4.20, 4.21).

Таблица 4.20

Относительная устойчивость растений к обменному натрию

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Фасоль	Морковь	Люцерна
Кукуруза	Клевер	Ячмень
Апельсин	Овсяница высокая	Свекла
Персик	Салат-латук	Хлопчатник
Мандарин	Овес	Житняк
Яблоня	Лук	Пырей высокий
Груша	Редис	Айва
Черешня	Рожь	Рис
Слива	Райграс	Донник
Абрикос	Сорго	Суданская трава
Костер безостый	Помидоры	Волоснец
Клевер	Пшеница	
Люпин	Вика	
Чай		
Картофель		

Таблица 4.21

Уровень плодородия солонцеватых почв для многолетних насаждений (Вальков, Фиськов)

Степень солонцеватости	Na обменный, % от ЕКО	Виноградники	Плодовые
Несолонцеватые почвы	Менее 3 3-5	1,00 1,00	1,00 0,95
Слабая	5-10	0,90	0,50
Средняя	10-15	0,70	0,25
Сильная	15-25	0,50	0,10
Солонцы	Более 20	0,00	0,00

Для плодовых культур и виноградников в Крыму при относительной оценке солонцеватых почв М. А. Кочкин сравнивает их с посевами, не имеющими до глубины 1,5 м водно-растворимых

солей и солонцеватости. Эти почвы характеризуются эффективным плодородием (100 %) и признаются пригодными для возделывания всех групп сельскохозяйственных культур (табл. 4.22).

Таблица 4.22

Группа почв по солонцеватости и по глубине залегания солевого горизонта

Группы почв и глубина залегания солевого горизонта	Плодородие, %	
	сады	виноградники
Комплекс несолонцеватых и слабосолонцеватых, на 20 см	100	100
Слабосолонцеватые, на 150–200 см	100	100
Слабосолонцеватые, на 100–150 см	70–100	80–100
Среднесолонцеватые, на 100–150 см	70–90	80–90
Сильносолонцеватые с глубокими солонцами, глубже 70 см	Не пригодны	Не пригодны
Темно-каштановые и южные черноземы с солонцами, до 10 %	Не пригодны	70–90
То же, до 10–25 %	Не пригодны	50
Темно-каштановые с солонцами; 25–50 % с залеганием солей до 100 см	Не пригодны	Не пригодны

В работах Почвенного института им. В. В. Докучаева в Заволжье установлено, что биологический урожай пшеницы в условиях орошения на сильнощелочных почвах с высоким содержанием обменного натрия в 2–3 раза ниже, чем на несолонцеватых почвах (табл. 4.23).

Таблица 4.23

Влияние щелочности почв на урожай пшеницы (Зимовец)

Степень щелочности	pH водной суспензии (1 : 2,5)	Обменный натрий, % от емкости	Токсичная щелочность (HCO_3, Na+Mg) м.-экв/100 г	Биологический урожай пшеницы, ц/га	Относительное плодородие почвы, %
Не щелочные	Менее 7,5	Менее 5,0	Менее 0,7	25–30	95–100
Слабощелочные	8,0	5–10	0,7–1,0	20–25	85–95
Среднещелочные	8,5	11–15	1,1–1,6	15–20	65–85
Сильнощелочные	9,0	16–20	1,7–2,0	10–15	50–65
Очень сильнощелочные	Более 9,0	Более 20	Более	Менее 10	менее 50

4.5. Засоленность почв

Засоленными называются почвы, содержащие в своем профиле легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах. Они широко распространены в зонах сухих и пустынных степей, в пустынной зоне, встречаются также в степной и лесостепной зонах.

Легкорастворимые соли, угнетающие и вызывающие гибель растений, разделяются на группы.

Вредные легкорастворимые нейтральные соли не буферны, имеют pH чистых растворов 5,5–6,7. Эти соли дают легко возникающие осмотически и токсически опасные концентрации для растений. В группу нейтральных легкорастворимых солей входят хлориды: NaCl (галит), $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (бишофит), $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ (гидрофилит). Бишофит и гидрофилит очень гигроскопичны и образуют мокрые солончаки. К нейтральным вредным легкорастворимым солям относятся также следующие сульфаты: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (мирабилит), $Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$ (тэнардрит), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (эпсамит). Сульфаты легко теряют кристаллизационную воду, дают пухлые солончаки, менее токсичны, чем хлориды. Сульфаты могут образовывать двойные соли, часто встречающиеся в пустынных областях: $Na_2SO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (левеит), $Na_2SO_4 \cdot 2CaSO_4$ (глауберит).

Вредные легкорастворимые щелочные соли способны повысить pH почвы до величин, угнетающих растения. Широко распространены в щелочных горизонтах почв бикарбонаты и карбонаты натрия $NaHCO_3$ (двууглекислая сода), $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (сода), $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ (трона). Они обладают высокой растворимостью, pH раствора около 9. Щелочную реакцию создают и карбонаты магния: $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ (магнезит), $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$ (магнезия). Карбонаты магния малорастворимы, но из-за гидролиза могут повышать pH до 9,1–9,8.

В солевых горизонтах почв присутствуют безвредные соли: $CaCO_3$ (кальцит), $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гипс), а также бикарбонат кальция $Ca(HCO_3)_2$. Безвредные соли не дают ни осмотически, ни токсически опасных концентраций из-за малой растворимости.

Вредные водорастворимые соли подразделяются на хлориды, сульфаты и карбонаты. По степени вредности для большинства сельскохозяйственных растений соли располагают по убывающему ряду $Na_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow NaCl \rightarrow NaNO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow MgSO_4$.

Засоленные почвы различаются по глубине залегания солевого горизонта, химизма засоления и степени засоления. *По глубине залегания верхнего солевого горизонта* (его верхней границы) засоленные почвы разделяются на солончаковые – соли в слое 0–30 см; солончаковатые – 30–80 см; глубокосолончаковатые – 80–150 см; глубокозасоленные – глубже 150 см.

В связи с тем, что разные соли неодинаково токсичны для растений, засоленные почвы различают по составу солей. *Химизм (тип) засоления* определяется по данным анализов водных вытяжек и основывается главным образом на соотношении анионов. Классификация почв по химизму (типу) засоления приведена в табл. 4.24.

Таблица 4.24

Разделение почв по химизму (типу) засоления (Егоров и др.)

Тип засоления	Отношение м.-экв анионов			Отношение м.-экв катионов и анионов
	$\frac{Cl}{SO_4}$	$\frac{HCO_3}{Cl}$	$\frac{HCO_3}{SO_4}$	
Хлоридное и сульфатно-хлоридное	1–2,5 и выше	–	–	–
Хлоридно-сульфатное	0,2–1,0	–	–	–
Сульфатное	0,2	–	–	–
Содово-хлоридное	Более 1	Менее 1	Более 1	HCO_3 более Ca–Mg
Содово-сульфатное	Менее 1	Более 1	Менее 1	Na более Mg
Хлоридно-содовое	Более 1	Более 1	Более 1	Na более Ca
Сульфатно-содовое	Менее 1	Более 1	Более 1	–
Сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатное	–	Более 1	Более 1	HCO_3 более Na

В наименовании типа заселения встречаются те анионы, содержание которых превышает 20 % суммы м.-экв анионов; преобладающий анион в названии ставится на последнее место.

По степени засоления почвы делятся на незасоленные, слабозасоленные, среднезасоленные, сильно- и очень сильнозасоленные (солончаки) (табл. 4.25).

Таблица 4.25

Степень засоления и состояние полевых культур

Степень засоления почв	Состояние среднеустойчивых растений
Незасоленные	Хороший рост и развитие (выпадов растений нет, урожай нормальный)
Слабозасоленные	Слабое угнетение (выпады растений и снижение урожая на 10–20 %)
Среднезасоленные	Среднее угнетение (выпады растений и снижение урожая на 20–50 %)
Сильнозасоленные	Сильное угнетение (выпады растений и снижение урожая на 50–80 %)
Солончаки	Выживают единичные растения (урожая практически нет)

Разделение почв по степени засоления обусловлено различным состоянием на этих почвах сельскохозяйственных растений (табл. 4.26).

Таблица 4.26

Классификация почв по степени засоления (по Базилевич, Панковой)

Степень засоления	Химизм засоления, плотный остаток (сумма солей), %		
	Сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный	Содово-хлоридный и хлоридно-содовый
Незасоленные	Менее 0,1	Менее 0,2	Менее 0,1
Слабозасоленные	0,1-0,2	0,2-0,4	0,1-0,2
Среднезасоленные	0,2-0,4	0,4-0,6	0,2-0,3
Сильнозасоленные	0,4-0,8	0,6-0,9	0,3-0,5
Очень сильно засоленные (солончаки)	Более 0,8	Более 0,9	Более 0,5

Одно и то же количество солей в зависимости от их состава может свидетельствовать о разной степени засоления почв, что обусловлено неравноценной токсичностью различных легкорастворимых солей для растений. Поэтому степень засоления почв устанавливается по величине плотного остатка (сумма солей) и содержанию ионов, определяющих химизм (тип) засоления (см. табл. 4.26).

Засоленными могут быть почвы разных типов почвообразования, выделяемые в генетической классификационной таксономии как особые роды подтипов черноземов, каштановых и бурых полупустынных почв, луговых и лугово-болотных почв и т. д. Засоленными почвами считаются и солонцы. Однако среди многообразия засоленных почв выделяются как самостоятельный тип – солончаки. К солончакам относятся почвы, содержащие большое количество водорастворимых солей в самой поверхности и в профиле. В зависимости от химизма засоления соли в верхнем горизонте солончаков составляют от 0,6–0,7 до 2–3 % и более.

При экологической оценке засоленных почв применяют термины «биологическая солеустойчивость» и «агрономическая солеустойчивость». *Биологическая солеустойчивость* – способность растения осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленной почве, нередко с пониженной интенсивностью накопления органического вещества при сохранении воспроизводства потомства. *Агрономическая солеустойчивость* – способность организма осуществлять полный цикл развития на засоленной почве и давать в этих условиях продукцию, удовлетворяющую практику сельского хозяйства. Последнее время биологическую солеустойчивость называют «*солевыносливостью*», а агрономическую – собственно «*солеустойчивость*». Растения отличаются разной солеустойчивостью (см. табл. 4.27).

Таблица 4.27

Относительная солеустойчивость растений (Ковда, 1957)

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Полевые культуры		
Фасоль, зерно	Рожь, зерно Пшеница, зерно Сорго, зерно Сорго Соя Боб конский или огородный Кукуруза Рис затопляемый Лен Подсолнечник Косторовый боб	Ячмень, зерно Сахарная свекла Рапс Хлопок

Продолжение табл. 4.27

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Кормовые травы		
Клевер белый Лисохвост Шведский или гибридный клевер Клевер красный Клевер ползучий Кровохлебка маленькая	Донник белый Донник желтый Райграс многолетний Костер Канареечник клубненосный Волосоней безостый Клевер земляничный Паспалум расширенный Суданская трава Донник белый однолетний Люцерна Рожь, сено Пшеница, сено Овес, сено Ежа сборная Голубая трава или бутелоя голубая Овсяница луговая Канареечник тростниковый Лядвенец большой Костер безостый Райграс французский высокий Донник индийский	Споробулус Солончаковые травы Бескильница Бермудская трава Пырей высокий Клорис Костер Волоснец канадский Пырей американский Овсяница высокая Ячмень, сено Лядвенец рогатый
Овощные культуры		
Редис Сельдерей салатный или черешковый Фасоль (зеленые бобы)	Помидоры Капуста спаржевая Капуста кочанная Капуста цветная Салат-латук Сахарная кукуруза Картофель белая роза Батат Перец Морковь Лук Горох Тыква большая столовая Огурцы	Столовая свекла Капуста листовая Спаржа Шпинат

Окончание табл. 4.27

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Фруктовые		
Груша Яблоня Апельсин Грейпфрут Слива Миндаль Абрикос Персик Земляника Лимон Авокадо (аллигаторова груша)	Гранат (гранатник) Фига (инжир) Оливковое дерево Виноград Канталупа (мускатная дыня)	Финиковая пальма
Кустарники		
Калина Роза Фейхоа	Туя восточная Можжевельник Лантана Пираканта Питтоснорум Ксилосма Техасская бирючина	Олеандр Лисохвост бутылочный

В зарубежных странах для определения засоленности почв часто используется показатель электропроводности, выражаемый в ММО. Чем выше содержание солей в почве, тем больше показатели электропроводности. Г. А. Словцева обобщила зарубежные материалы по солеустойчивости разных культур, выраженной в единицах электропроводности. Растения нормально развиваются, если электропроводность составляет в ММО/см: пшеница – 4,5–10, овес – 10, рис – 4,9, сорго и кукуруза – 8, хлопчатник – 13, 2–14, рапс и сахарная свекла – 14, клещевина – 6, абрикос – 7, апельсин – 6, инжир, яблони, гранат, персик, виноград – 5, овощные культуры – 10, 11.

Лаборатория засоленных почв США определила группы культур по солеустойчивости (X. Dpernl):

- устойчивые (более 10 ММО) – свекла, спаржа, шпинат;
- среднеустойчивые (4–10 ММО) – томаты, капуста, спаржевая капуста кочанная и цветная, салат, сахарная кукуруза, картофель, батат, перец, морковь, лук, горох, тыква, огурцы;
- Неустойчивые (менее ММО) – редис, сельдерей, овощная капуста.

Высокие концентрации солей в почвах сильно тормозят ростовые процессы как надземной массы, так и корневой системы растений, уменьшается ассимиляционная поверхность и продуктивность фо-

тосинтеза, снижается урожайность сельскохозяйственных растений. Важно установление допустимых пределов засоления, под которыми понимается такое количество солей, при котором урожай культур не снижается на 20–25, 50 %. Примером могут служить придержки, разработанные для условий Молдавии (Калашников) (табл. 4.28).

Таблица 4.28

Допустимые для некоторых сельскохозяйственных культур пределы хлоридно-сульфатно-натриевого засоления (для тяжелосуглинистых почв при влажности 80–100 НВ)

Культуры	Содержание солей в почве в %, при котором урожай		
	не снижается	снижается на 20–25 %	снижается на 50 %
Томаты рассадные	0,30	0,59	0,96
Томаты безрассадные	0,20	0,39	0,69
Баклажаны	0,30	0,59	0,92
Перец сладкий	0,20	0,25	0,53
Горох овощной	0,20	0,25	0,42
Свекла столовая	0,50	0,83	1,20
Картофель	0,30	0,54	0,68
Озимая пшеница	0,20	0,34	0,52
Кукуруза на зерно	0,30	0,42	0,58
Кукуруза на зеленый корм	0,30	0,57	0,90
Подсолнечник	0,40	0,69	1,03
Люцерна	0,30	0,57	0,96

Зарубежные авторы снижение урожая на засоленных почвах увязывают с величинами электропроводности (Curter и др.) (табл. 4.29).

Таблица 4.29

Электропроводность засоленных почв (ММО/см) и возможное снижение урожая различных сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственные культуры	Снижение урожая, %		
	10	25	50
Полевые культуры			
Ячмень	11,9	15,8	17,5
Сахарная свекла	10,0	13,0	16,0
Хлопчатник	9,9	11,9	16,0
Подсолнечник	7,0	11,0	14,0
Пшеница	7,1	10,0	14,0
Сорго	5,9	9,0	11,9
Соя	3,8	5,7	9,0
Рис	5,1	5,9	8,0
Кукуруза	5,1	5,9	7,0
Конские бобы	3,1	4,2	6,2

Окончание табл. 4.29

Сельскохозяйственные культуры	Снижение урожая, %		
	10	25	50
Лен	2,9	4,2	6,2
Бобы	1,1	2,1	3,0
Овощные культуры			
Свекла	8,0	9,7	11,7
Шпинат	5,7	6,9	8,0
Томаты	4,0	6,6	8,0
Капуста	4,0	5,9	8,0
Тыква	2,5	4,0	7,0
Картофель	2,5	4,0	6,0
Кукуруза	2,5	4,0	6,0
Батат	2,5	3,7	6,0
Салат	2,0	3,0	4,8
Лук	2,0	3,4	4,0
Морковь	1,3	2,5	4,2
Бобы	1,3	2,0	3,2
Кормовые культуры			
Свинорой (бермудская трава)	13,0	15,9	18,1
Пырей удлиненный	10,9	15,1	18,1
Житняк гребенчатый	5,9	11,0	18,1
Овсяница	6,8	10,4	14,7
Ячмень на сено	7,2	11,0	13,5

При оценке засоленных почв для многолетних насаждений обязательно учитывается глубина залегания легкорастворимых солей. Незасоленные почвы в обычном понимании, т. е. для полевых и овощных культур, могут быть засолены в глубоких горизонтах, и это засоление в ряде случаев приводит к преждевременной гибели садов. Ситуация усугубляется тем, что деревья в первые годы развиваются нормально, а через 5–15 лет сад гибнет и тем раньше, чем ближе к поверхности солевые горизонты почв.

Экологическая оценка пригодности почв для многолетних насаждений приведена в табл. 4.30–4.35.

Таблица 4.30

Предельно допустимые концентрации солей в почвах, отводимых под плодовые насаждения, мг.-экв на 100 г почвы (Неговелов)

Вредные соли	Глубина почвенных слоев, см				Пригодность под плодовые насаждения
	0–100	100–160	160–200	200–300	
Сульфаты Хлориды	2,0 0,3	2,0 0,3	2,0 0,3	2,0 0,3	Хорошие почвы для всех плодовых культур
Сульфаты Хлориды	2,0 0,3	2,0 0,3	2,0 0,3	2,0–3,0 0,3–0,5	Почвы для всех пород удовлетворительные

Окончание табл. 4.30

Вредные соли	Глубина почвенных слоев, см				Пригодность под плодовые насаждения
	0–100	100–160	160–200	200–300	
Сульфаты	2,0	2,0–2,5	2,0–3,0	3,0–3,5	Удовлетворительные для косточковых пород, кроме черешни; неудовлетворительные для семечковых
Сульфаты	2,0	3,0	5,0	5,0	Почвы не пригодны под плодовые насаждения

Таблица 4.31

Солеустойчивость яблони Ренет Симиренко (50 % урожая от незасоленной почвы) (Иванов)

Соли	Среднее содержание солей, м.-экв на 100 г		
	10–50 см	10–100 см	10–150 см
Хлориды	0,73	1,00	1,15
Сульфаты	–	1,10	–
Сумма токсичных солей	1,68	2,06	2,74

Таблица 4.32

Солеустойчивость персика для условий Крыма (Иванов)

Слой почвы, см	Соли, м.-экв на 100 г			
	среднее	доверительный интервал	среднее	доверительный интервал
0–60	0,36	0–0,88	1,94	0,29–3,59
0–100	0,44	0–1,00	2,28	0,58–4,00
0–150	0,59	0–1,34	2,53	0,66–4,40

Таблица 4.33

Предельно допустимое для плодовых культур количество щелочных солей в слое почвы 50–100 см (Иванов)

Порода	Подвой	Содержание щелочных солей, м.-экв на 100 г			
		Общая сумма щелочности (HCO_3)	$Na2CO_3$	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$
Черешня	Черешня	0,60	Наличие не допускается	Наличие не допускается	< 0,20
Яблоня	Дикая лесная яблоня	0,80	Наличие не допускается	< 0,20	< 0,20
Груша	Дикая лесная груша	0,80	Наличие не допускается	< 0,20	< 0,20
Слива	Алыча	1,0	< 0,05	< 0,25	< 0,25

Таблица 4.34

Количество и состав вредных солей в метровом слое почвы, определяющее состояние растений винограда, % к сухой почве (Крылатов)

Почвы	Сумма вредных солей	В том числе			
		Na_2CO_3	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$
Виноград гибнет					
Суглинистые и глинистые разных типов почвообразования	0,4	Данных нет	0,1	0,2	0,2
	0,5	– ‖ –	0,6–0,1	0,3	0,1
	0,5	– ‖ –	0,06	0,4–0,5	Следы
Супесчаные и песчаные	0,2–0,25	– ‖ –	0,06–0,08	0,1–0,15	0,1–0,15
Виноград в плохом состоянии					
Суглинистые и глинистые разных типов почвообразования	0,4–0,6	– ‖ –	0,06	0,2–0,25	0,2–0,25
	0,3–0,4	– ‖ –	0,06	0,2	0,1
Растет и плодоносит нормально					
Суглинистые и глинистые разных типов почвообразования	0,3	0,002	0,06	0,2	0,1

Таблица 4.35

Уровень плодородия почв под многолетними насаждениями в зависимости от глубины залегания повышенных концентрации вредных солей (Вальков, Фиськов)

Глубина залегания солей, см	Плодовые		Виноградники		
	семечковые	косточковые	технические		столовые
			красные	белые	
275	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
250	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
200	0,80	0,90	1,00	1,00	1,00
175	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90
130	0,60	0,65	0,75	0,75	0,75
125	0,50	0,40	0,60	0,60	0,60
100	0,40	0,30	0,50	0,50	0,50
75	0,28	0,25	0,25	0,25	0,25
50	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05
25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1

Засоленные почвы используются для лесопосадок. Древесные породы так же, как и другие растения, неодинаково реагируют на степень засоления, качественный состав солей и глубину появления токсических концентраций их. Для Юга Украины разработана группировка засоленных почв по степени их лесопригодности (Мигунова).

Лесопригодны несолонцеватые и слабосолонцеватые черноземы, каштановые и луговые почвы для засухоустойчивых древесных и кустарниковых пород, если не содержат легкорастворимых солей в количествах, оказывающих угнетающее воздействие на растения, до глубины 1,5 м (CO_3 0,01–0,02, Cl 0,03–0,08, SO_4 0,3–0,5 %).

Ограниченно лесопригодны в черноземной зоне для дуба, береста, груши, клена полевого; в каштановой зоне для белой акации, гледичии, софоры, туи восточной, если содержание угнетающих количеств легкорастворимых солей начинается с глубины 1,0 м.

Условно лесопригодны почвы при угнетающих количествах солей с глубины 0,5–1,0 м. К культурам для этих почв относятся вяз мелколистный, айлант, ясень зеленый, лох.

Пригодны только под культуру тамарикса почвы с засолением в пределах верхнего 50-сантиметрового слоя.

Не пригодны для лесопосадок почвы с содержанием хлоридов 0,4–0,6 % в верхних горизонтах.

4.6. Карбонатность и выщелоченность почв

Наиболее распространены в почвоведении понятия «карбонатность», «выщелачивание карбонатов» и «карбонатный профиль».

Карбонатность – содержание в почве или почвообразующей породе карбоната кальция ($CaCO_3$). Это одна из характеристик вещественного состава почвы. Карбонаты рассматриваются не как причина или способ изменения реакции среды, что общеизвестно, а как почвенная масса, постоянно присутствующая в горизонтах почвенного профиля. Причем, карбонатные профили как почвенно-генетические образования адекватны современной биоклиматической обстановке.

Карбонатность почв определяет кальцит – $CaCO_3$. Присутствие в почве других минералов с этой химической формулой (арагонит и др.), а также кальцийгидратов ($CaCO_3 \cdot nH_2O$) проблематично (Минкин и др., 1995) хотя арагонит за пределами почв и кор выветривания весьма распространен. В почвах его можно обнаружить во включениях раковин моллюсков. Кальцит в почвах всегда со-

провождается доломитом ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) в количествах, не превышающих 15–20 %. Существующие в практике методы определения карбонатов по выделению CO_2 обычно большей частью затрагивают кальцит, не разлогая доломит. Употребляющиеся понятия «карбонаты», «содержание карбонатов» обычно предполагают наличие в почвах кальцита, но никоим образом других форм карбонатов (Na_2CO_3, $NaHCO_3$ и т. д.).

Генетическая классификационная значимость карбонатности показана в табл. 4.36–4.38.

Таблица 4.36

Вскипание почвы от 10 % HCl и примерное содержание $CaCO_3$

Характер вскипания	Содержание $CaCO_3$, %
Нет	0–0,3
Слабое	0,3–1,0
Среднее	1,0–2,5
Сильное	2,5–5,0
Бурное	более 5,0

Таблица 4.37

Степень карбонатности почв по содержанию $CaCO_3$

Таксономическое определение почв	Начало вскипания от 10 %
Карбонатные	С поверхности
Слабо карбонатные	В пределах горизонта А
Слабо выщелоченные	В пределах горизонта АВ
Выщелоченные	В нижней части горизонта АВ или в пределах горизонта В
Сильно выщелоченные	За пределами гумусового профиля
Бескарбонатные	Вскипание не обнаруживается в материнской породе

Таблица 4.38

Степень карбонатности и выщелоченности почв по глубине вскипания

Степень карбонатности	Содержание $CaCO_3$, %
Бескарбонатные (выщелоченные)	Нет
Слабо карбонатные	Менее 1,0
Мало карбонатные	1,0-3,0
Средне карбонатные	3,0-8,0
Сильно карбонатные	8,0-20,0
Высокая карбонатность на уровне элювия известняков и мергелий	20,0-40,0
Мергелистая карбонатность	40,0-95,0

Выщелачивание карбонатов. Вынос карбонатов, или декарбонизация почв и кор выветривания, представляет глобальное экологическое и геохимическое явление, достигающее на земном шаре огромных размеров. В составе солей речных вод и предшествующих им грунтовых вод и верховодки углекислые соли кальция

занимают одно из первых мест. В. А. Ковда (1973) рассчитал, что ежегодный химический сток углекислого кальция с суши в океан речными водами составляет около 558 млн т. Содержание карбонатов в земной коре составляет 1,7 %. Однако, несмотря на большой сток углекислого кальция в океан, значительные его количества задерживаются в ландшафтах суши, в почвах и породах коры выветривания, определяя во многом облик сухопутной биосферы.

Выщелачивание карбонатов как почвенное явление представляет передвижение и вынос с растворами за пределы отдельного горизонта, почвы и коры выветривания карбоната кальция и других растворимых солей. В генезисе почв особое положение занимает карбонат кальция, в силу его относительной устойчивости по сравнению с легкорастворимыми солями и высокой подвижности в сравнении с силикатами и алюмосиликатами. Подвижность определяется гидролизом карбонатов:

$$2CaCO_3 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2,$$
$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow Ca(HCO_3)_2,$$

Бикарбонат кальция (соль) существующий в природе только в растворимом состоянии, представляет, в сущности, главный компонент выщелачивания. Растворимость же самого кальцита крайне незначительна и не принимается во внимание. $Ca(HCO_3)_2$ при изменении концентрации раствора и содержания в нем CO_2 легко снова переходит в кальцит. Эта переходная форма кальцита формирует в почвах различного рода карбонатные новообразования, представляющие в той или иной форме карбонатный профиль.

Карбонатный профиль – распределение карбонатов по генетическим горизонтам почвы. В почвах с периодическим промывным режимом нижняя граница максимума карбонатов совпадает с нижней границей почвы в целом. К таким почвам относятся серые лесные, черноземы оподзоленные. выщелоченные, типичные, слитоземы, серые лесостепные почвы, коричневые субтропические почвы и др. В почвах с непромывным водным режимом нижняя часть карбонатного профиля располагается практически в иллювиальном горизонте гипса и легкорастворимых солей. Это черноземы обыкновенные и южные, каштановые, бурые полупустынные и серо-бурые пустынные почвы суббореального пояса, а также серо-коричневые почвы и сероземы субтропиков. Нижняя граница карбонатного профиля совпадает с наличием равномерного содержания карбонатов в почвообразующей породе, типичной для конкретных ландшафтов.

Главное в определении типа миграции и аккумуляции карбонатов по почвенному профилю и за его пределы зависит от концентрации в растворах бикарбоната кальция. Динамика растворов этой соли зависит, в первую очередь, от концентрации CO_2, т. е. от интенсивности биологических процессов по сезонам и годам. Такова сущность системности явлений в природе: чисто химические и физико-химические процессы определяются биологической активностью объекта. Высокая динамичность биологических процессов и погодных условий определяет наибольшую степень вариабельности почвенно-генетических характеристик, связанных с карбонатностью и выщелоченностью.

Экологические аспекты карбонатности почв. Карбонатность как экологический фактор плодородия почв имеет давнюю историю изучения. Карбонатные почвы используются как пахотные земли, под виноградники и сады. На обширных равнинах Предкавказья встречаются карбонатные черноземы (обыкновенные южно-европейской теплой фации). Такие богатейшие почвы содержат в верхней корнеобитаемой толще 1–6 % $CaCO_3$. Однако это не умаляет высокого плодородия почв для многих растений. Большие урожаи на них зерновых культур, сахарной свеклы, подсолнечника, плодовых и винограда известны всей стране. На сильнокарбонатных рендзинах и в Крыму, и на Кавказе, и во Франции, и в Испании и т. д. виноградные растения находят лучшие условия. Однако в отношении содержания карбонатов существует определенный количественный предел, после которого могут проявляться неблагоприятные свойства карбонатности. Так, в условиях вегетационного опыта (Anter и др., 1973) изучалось влияние степени карбонатности почвы на рост зерновых культур и поступление в них фосфора и железа. Установлено, что при содержании в почве 8 % и более $CaCO_3$ рост растений резко тормозится. При увеличении содержания $CaCO_3$ до 5 и 10 % относительная урожайность озимой пшеницы на Ставрополье составляла 82 %, при 20 % содержании извести – 71 %, а при 30 % опускалась до 62 % (Куприченков и др., 2002). Карбонат кальция при добавлении к образцам выщелоченного чернозема увеличивал численность микроскопических грибов на 4–42 %, способствуя минерализации послеуборочных остатков злаковых культур (Коржов, Коронев, 2004).

Индикаторами карбонатных почв с pH 7,5–8,7 являются растения – обязательные кальциефилы. На почвах с содержанием $CaCO_3$ свыше 3 % с высоким обилием произрастают венерин башмачок, дремлик темно-красный, язвенник крупноголовчатый, мордовник

обыкновенный, астра ромашковидная и меловые растения – итсечек, полынь солянковидная. Переменными индикаторами являются факультативные кальциефилы – желтушник левкойный, язвенник обыкновенный, горичник олений, пупавка красильная. Существуют растения, для которых карбонатность – экологическое благо. К ним относятся особая флора меловых отложений (иссоп меловой, льнянка лиловая, венерин башмачок и др.). Хорошо произрастают на почвах с $CaCO_3$ карагана (акация желтая), абрикос, вишня, грецкий орех и, конечно, виноград, несомненный карбонатофил (Пелипенко, 2004).

В большинстве случаев карбонатов в основной корнеобитаемой толще нет и при промывном водном режиме, типична кислая реакция среды и создаются благоприятные условия для растений ацидофилов: чайный куст, люпин, клевер, вереск, клюква, брусника и др. Отсутствие $CaCO_3$ при периодическом промывном и непромывном режиме определяет нейтральную или слабокислую реакцию среды и экологический оптимум для большинства культурных растений: пшеница, кукуруза, сахарная свекла, яблоня, груша, слива, вишня и др.

Таким образом, отношение растений к содержанию карбонатов в почвах неоднозначно. Для многих культур, а их большинство, невысокие концентрации $CaCO_3$ в почвах благоприятны, а известкование является важнейшим агромелиоративным приемом повышения плодородия кислых почв. Однако положительное действие карбонатов или отсутствие негативных последствий наблюдается до определенного порога. Этот порог лежит в пределах 5–15 % $CaCO_3$. При большем количестве извести в корнеобитаемой толще снижение продуктивности почв по мере возрастания карбонатности обусловлено физической и биологической инертностью балластного кальцита, занимающего места других, более активных в почве минералов.

На почвах с повышенным содержанием карбонатов иногда у плодовых растений появляется хлороз. В карбонатной почве под пораженными хлорозом деревьями и под здоровыми в содержании подвижного фосфора, калия, гумуса, а также pH существенных различий не отмечается. Высокое содержание $CaCO_3$ в почве не нарушает общей закономерности в динамике золы и отдельных зольных элементов. Оно не влияет на поступление воды в растение, не способствует тому, что плодовые деревья быстрее заканчивают рост и раньше начинают отмирать (Молчанов, 1971). На фоне высокого количества $CaCO_3$, в почве проявлению и усилению интенсивности хлороза способствуют (по Молчанову):

- пониженная температура и повышенная влажность почвы и воздуха;
- уплотнение почвы и подпочвы, ведущее к нарушению газообмена и аэрации и, как правило, затрудняющее рост активной части корневой системы;
- наличие солонцеватости, содержание в почве и почвообразующей породе, кроме $CaCO_3$, легкорастворимых солей;
- близкое залегание уровня минерализованных грунтовых вод и колебание их зеркала.

В Краснодарском крае хлороз на карбонатных почвах наблюдается не всегда и развивается только в тех случаях, когда почвы переувлажнены (Неговелов и др., 1985). На карбонатных сухих почвах хлороз встречается крайне редко, более того, он исчезает при подсыхании переувлажненных почв. В Анапском районе отмечены хорошие сады из яблони и груши па перегнойно-карбонатных почвах с количеством $CaCO_3$ в верхнем горизонте от 7 до 12 %. В степной части Краснодарского края и Ростовской области сплошное распространение имеют карбонатные черноземы, и на них получают высокие урожаи плодов во многих хозяйствах.

На основании обширного материала по почвам Краснодарского края, нами была произведена сравнительная оценка по урожайности семечковых и косточковых многолетних насаждений на почвах типичных и выщелоченных, с одной стороны, и карбонатных – с другой. Уровень плодородия для садов карбонатных черноземов на 10–25 % ниже в сравнении с выщелоченными и типичными черноземами. Следовательно, при бонитировочной оценке почв в качестве поправочного коэффициента на карбонатность для семечковых может быть взято значение 1,2 в ряду от выщелоченных к карбонатным или 0,8 в ряду от карбонатных к выщелоченным.

Неизученная сторона карбонатности почв в степных условиях – карбонатность пахотного горизонта не способствует оптимизации оструктуривания. Бытует мнение, что карбонатные черноземы быстрее распыляются, больше подвержены ветровой эрозии. Однако это пока еще просто визуальное наблюдение, не подтверждаемое исследовательским опытом.

Есть еще один важнейший аспект карбонатности почв, а именно – карбонаты в составе геологических пород биологического происхождения (мергели, известняки, доломиты и др.). Эти породы и элювий из них биологически активны в силу своего происхождения как остатки организмов, что отражается на

продуктивности многих растений (эфиромасличные культуры, виноград и др.) и в первую очередь, на качественных характеристиках растительной продукции. Обломочный материал мергелистого и известнякового происхождения высоко ценится виноградарями и придает виноматериалам особую экологическую и географическую специфику.

Таким образом, общая экологическая оценка карбонатности почв включает следующие положения:

- *в профиле почвы карбонатов нет. В этом случае типична кислая реакция среды и создаются благоприятные условия для растений ацидофилов: чайный куст, люпин, клевер, вереск, клюква, брусника и др. Отсутствие $CaCO_3$ при периодически промывном режиме определяет нейтральную или слабокислую реакцию среды и экологический оптимум для большинства культурных растений: пшеница, кукуруза, сахарная свекла, яблоня, груша, слива, вишня и др;*
- *слабо- и среднекарбонатные почвы, т. е. содержащие $CaCO_3$ до 8 %, обычно снижают биологическую продуктивность для большинства сельскохозяйственных растений на 10–15 % по сравнению с почвами выщелоченными. Снижение продуктивности почв по мере возрастания карбонатности обусловлено физической и биологической инертностью балластного кальцита, занимающего места других, более активных в почве минералов;*
- *существуют растения, для которых карбонатность – экологическое благо. К ним относится особая флора меловых отложений (иссоп меловой, льнянка лиловая, венерин башмачок и др.). Хорошо произрастают на почвах с $CaCO_3$ карагана (акация желтая), абрикос, вишня, грецкий орех и, конечно, виноград, несомненный карбонатофил.*
- *карбонатность профиля и пахотного горизонта не способствует оптимизации оструктуривания. Черноземы быстрее распыляются, больше подвержены ветровой эрозии.*

4.7. Неспецифические органические соединения и биологическая активность почв

Из массы органических веществ биологического происхождения в почвоведении широко представлены углеводы (целлюлоза, моносахариды, дисахариды, гемицеллюлоза, пектиновые вещест-

ва), лигнин, белки, жиры, липиды, дубильные вещества, воски и смолы и др. Особую роль играют ферменты и фенолы.

Углеводы – большая группа органических веществ, куда входят моносахариды, дисахариды, крахмал, целлюлоза (клетчатка), гемицеллюлоза и др. Большая часть приходится на долю целлюлозы. Особенно много ее в древесине – 50–60 %. В листьях и травах ее содержится около 30 %.

Углеводные компоненты, поступающие в почву с растительными и животными остатками, довольно быстро подвергаются различным превращениям: ферментативному гидролизу, окислению, конденсации. Их химическая трансформация в дальнейшем может происходить различными путями:

а) в условиях высокой биологической активности наблюдается распад углеводных соединений до мономеров с их дальнейшей конденсацией;

б) низкая биологическая активность способствует накоплению высокомолекулярных соединений за счет процессов ароматизации и карбоксилирования. Наиболее быстро процессам разложения подвергаются простые углеводы (моно- и дисахариды). Максимальное разложение углеводов наблюдается в первые три месяца при значительном накоплении новообразованных гемицеллюлоз.

Специфические функции углеводов в почве:

- формирование почвенной структуры за счет образования водопрочных агрегатов и усиления их стабильности, определяемых высокой клеящей способностью микробных слизей, обусловленных различными углеводами;
- образование органоминеральных золей с полуторными окислами и глинистыми частицами; ускорение выветривания минералов за счет образования хелатных соединений;
- участие в ионообменных процессах, т. е. значительное влияние на поглотительную способность почвы;
- влияние на питание растений как путем непосредственного поглощения (моносахариды), так и косвенным, через образование различных соединений (полисахариды);
- трансформация гумусовых веществ микроорганизмами ускоряется в присутствии углеводов как источника энергии и углерода.

Хотя вопросы о распространении углеводов в почвах, влиянии типа почвы на их содержание и распределение пока изучены недостаточно, в целом, можно сделать вывод о существенной роли углеводов в почвообразовании.

Гемицеллюлоза сопутствует целлюлозе и составляет 15–30 % растительной массы.

Лигнин отличается высоким содержанием углерода, наличием бензольных колец с гидроксильными (ОН) и метоксильными (OCH_3) группами, которые входят затем как структурные компоненты гумусовых веществ. В растительных остатках содержание лигнина может достигать 35 %.

Белки и аминокислоты – главные химические компоненты неспецифических органических веществ, содержащие азот и фосфор. Содержание белков в биомассах крайне неодинаково: древесина – <1, сено (трава) – 5–10, грибы – 10–50; бактерии – 40–80 %.

В процессах почвообразования эти химические соединения подвергаются действию протеолитических и дезаминирующих ферментов. Аминокислоты в почвах могут быть свободными и связанными. Однако в отличие от углеводных соединений количество свободных аминокислот больше содержится в связанных фармах, а роль их более существенна, так как они являются структурными элементами в синтезе белка, субстратом эндогенного дыхания, регулятором ферментативных реакций. По профилю наблюдается снижение как количества, так и разнообразия состава аминокислот. При этом в сумме свободных аминокислот возрастает относительное количество нейтральных соединений, устойчивых к минерализации. Одной из особенностей аминокислотного состава почв является корреляция последних с запасами общего и гидролизуемого азота, почвенного гумуса. Таким образом, аминокислоты в почве являются важным звеном в системе *органическое вещество – питание растений*, обеспечивая условия для развития почвообразовательного процесса и возделывания сельскохозяйственных растений.

Смолы имеют различное химическое строение. Чаще всего встречаются в хвойных деревьях.

Воски выполняют функции защитных веществ, содержатся в незначительных количествах.

Дубильные вещества содержатся почти во всех растениях. Их много в коре древесных пород (5–20 %), мало в травах и микроорганизмах.

Смолы, воски и дубильные вещества плохо разлагаются в почве, а в некоторых случаях угнетают почвенную микрофлору.

Зольные вещества составляют золу, оставшуюся после сжигания растительных и животных остатков. Содержание зольных элементов в живых объектах варьирует в зависимости от вида, возрас-

та и среды обитания. В растительных остатках золы около 5 %, в древесине мало, около 1 %, в травах много, около 10 %. Основную массу золы составляют Ca, Mg, K, Na, Si, H, S, Fe, Al, Mn и другие микроэлементы.

Ферменты (каталаза, дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза, фосфатаза и многие другие) имеют биологическое происхождение и являются в последние годы объектом пристального изучения в области экологии почв, выделяясь как особый раздел – ***ферментативная активность почв.***

Экологическая значимость ферментативной активности определяется следующим:

- *Уникальное богатство почв ферментами.* Поступая в почву из различных источников и стабилизируясь, ферменты становятся обязательным компонентом почвы. По ферментативному разнообразию почва – самая богатая система, поскольку ферменты всех организмов биоценоза в конечном итоге поступают в почву. Почва «как биохимическая система» (Ковда) или как «система связанных (иммобилизованных) ферментов» (Mc Laren) формируется и функционирует в качестве единого целого с согласованными и направленными биохимическими процессами, протекающими в ней в результате ферментативных реакций.
- *Главнейшая экологическая функция ферментов* – разрушение первичного органического вещества и синтез вторичного, обогащение почв биогенными элементами и гумусом.
- *Ферменты выполняют роль катализаторов энергетического и вещественного обмена в почве.* Функциональная роль ферментов как катализаторов энергетического и вещественного обмена в почве и в почвенных процессах огромна. В почве присутствуют и функционируют системы ферментов, последовательно осуществляющие биохимические реакции. Почва представляет собой систему связанных ферментов и почвенный покров функционирует как каталитическая матрица биосферы (Mc Laren), обеспечивая надежность существования последней.

Поступая в почву, растительные, микробные и животные органические остатки попадают в сферу сложнейших превращений. Как и в живом организме, на всех звеньях сложной цепи трансформации органических веществ в почве участвуют последовательно действующие ферментные системы, накопленные в почве и функционирующие внутри и на поверхности клеток живых

микроорганизмов. Последнее особенно относится к окислительно-восстановительным ферментам. Белки, углеводы, фосфорорганические соединения, липиды и некоторые другие доминирующие органические соединения подвергаются расщепляющему действию гидролитических ферментов – протеаз, протеиназ, целлюлаз, амилаз, гликозидаз, сахараз, нуклеаз, фосфатаз и т. д. При гидролитическом расщеплении высокополимерных органических соединений образуются промежуточные продукты распада: аминокислоты, нуклеотиды, органические кислоты, моносахариды или конечные продукты минерализации (CO_2, NH_3, фосфорная кислота). Через эти сложнейшие реакции в почве осуществляется цикл углерода, азота, фосфора, серы, окислительно-восстановительные реакции. В почве изучено значительное количество различных классов ферментов, участвующих на отдельных стадиях как гидролитического, так и окислительно-восстановительного превращения.

- *Ферменты почв являются регуляторами связей между компонентами географических экосистем.* Важная роль ферментов в почве заключается в том, что они осуществляют функциональные связи между компонентами экосистемы, ферментативная активность почвы отражает функциональное состояние живого населения. Под действием ферментов органические вещества почвы и остатки биоты распадаются до различных промежуточных и конечных продуктов минерализации. При этом распаде микроорганизмов и растений образуются доступные питательные вещества (трофические связи), а также освобождается энергия (энергетические связи). Доказано непосредственное участие ферментов в ассимиляции растениями питательных веществ, в частности участие фосфатаз в поглощении корнями фосфора.
- *Ферменты почв участвуют в превращениях минеральной массы почв как главной составляющей ее вещественного состава.* Наряду с преобразованием органических материалов почвенные ферменты осуществляют разложение и превращение многих минеральных соединений, составляющих косную часть почвы. Этими процессами в обмен вводятся новые порции веществ, доступных высшим растениям. Из таких ферментативных процессов можно отметить гидролиз минеральных полифосфатов с участием полифосфатаз и превращения минеральных соединений азота, железа, марганца, серы под действием различных ферментов и т. д.

- *Ферменты участвуют в формировании гумусового состояния почв как интегрального показателя плодородия земель.* Превращение органических остатков в гумус является сложным биохимическим процессом с участием различных групп ферментов микроорганизмов, а также внеклеточных ферментов. Между интенсивностью гумификации и активностью ферментов находят прямую связь.

Экологическая оценка биологической активности приведена в табл. 4.39.

Таблица 4.39

Шкала сравнительной оценки биологической активности почв (Кирюшин, 1996)

Показатели	Активность				
	очень слабая	слабая	средняя	высокая	очень высокая
Выделение CO_2, CO_2/10 г/сут.	<5	5–10	10–15	15–25	>25
Каталаза, O_2, $см^3$/г/мин	<1	1–3	3–10	10–30	>30
Дегидрогеназа по восстановлению ТТХ, мкл H_2, г/сут	<3	3–7	7–15	15–22	>22
Фосфатаза, мг P_2O_3/10 г/24 часа	<0,5	0,5–1,5	1,5–5,0	5–15	>15
Протеаза, мг альбум. /10 г/24 часа	<0,5	0,5–1,0	1,–2	2–3	>3
Инвертаза, мг глюкозы/г/сут	<5	5–15	15–50	50–15	>150

Фенолы представляют собой особый класс органических соединений. Фенольные соединения присутствуют во всех трех фазах почвы и участвуют в биологических, гидрологических, геологических, химических, биохимических и физико-химических процессах, происходящих в почве, подвергаясь многообразным метаморфозам биотического и абиотического синтеза и разложения. Вещества фенольной природы принимают участие в образовании органо-минеральных соединений. Почвенные фенолы существуют в нескольких формах: свободные, связанные и прочносвязанные с почвенной матрицей и не передвигающиеся в профиле почвы. Соотношение между ними определяется химической структурой фенолов и совокупностью почвенных условий.

В связи с высокой динамичностью количественной массы неспецифических органических соединений количество этих веществ

в почвах варьирует в широких пределах. Считается, что около 10 % определяемого в лабораториях гумуса составляют органические вещества неспецифической природы, полностью утратившие морфологические структуры исходных организмов.

Таким образом, *все неспецифические органические вещества почв по их биохимической значимости в процессах почвообразования можно разделить на 5 групп*:

1. *Быстроразлагающиеся и поглощающиеся микроорганизмами – сахара и белки. Обеспечивают незамедлительное поступление в почвенный раствор соединений азота, фосфора и других биофильных элементов.*
2. *Разлагающиеся медленно, расщепляющиеся под действием ферментов и являющиеся основными источниками гумусообразования – целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза, пектин.*
3. *Вещества-ингибиторы, подавляющие микробиологическую деятельность, трудноразлагаемые: дубильные вещества, воски, смолы. Способствуют консервации органического опада, образованию органогенных генетических горизонтов.*
4. *Ферменты различной биохимической направленности.*
5. *Фенольные соединения различного структурообразующего и функционального действия.*

Минерализация неспецифических органических веществ – первостепенный источник поступления в почвы доступных растениям элементов-биофилов в концентрациях, близких к экологическим потребностям организмов. При минерализации сложные органические соединения при участии различных групп микроорганизмов превращаются в простые химические вещества – воду, углекислый газ, соли различных анионов и катионов. В процессе минерализации участвует большая часть органических остатков: до 80–90 %. Продукты минерализации попадают в почвенные растворы и в значительной степени становятся объектом питания растений, т. е. вновь включаются в биологический круговорот.

Минерализация как один из аспектов сложных явлений биологической активности, свойственной почвенным массам. Явления же биологической активности определяются почвенными биоценозами. «Комплекс почвенных орзанизмов (биота) более устойчив функционально, чем структуры» (Добровольский, 2002), поэтому при изменении условий внешней среды, в том числе и при проявлении деградационных процессов, в первую очередь нарушается био-

разнообразие. Биологическая система почвы в целом продолжает выполнять присущие ей экологические функции, претерпевая количественные изменения поглощения и выделения веществ и энергии. При этом происходит сокращение или увеличение отдельных популяций, перегруппировка отдельных трофических групп популяций, исчезновение и появление новых групп, включая патогены. Все это направлено к приобретению системной экологической климаксной устойчивости. Здесь необходимо разграничивать изменения социально положительного плана, такие как мелиорация земель, освоение несельскохозяйственных угодий, изменение целевого использования сельскохозяйственных угодий, окультуривание и т. д., с одной стороны, и изменения деградационного порядка, связанные с загрязнением, засолением почв, упадком культурного земледелия – с другой.

В связи с этим, приводимое определение Г. В. Добровольского и др. (2002) биологической деградации нуждается в уточнении. Авторы пишут: «Биологическая деградация – сокращение численности видового разнообразия и оптимального соотношения различных видов микроорганизмов, загрязнение почв патогенными микроорганизмами, ухудшение санитарно-эпидемиологических показателей». Здесь должно быть жесткое разграничение. Одно состояние – загрязнении почв патогенами, и другое – численность и оптимальное соотношение организмов. При разных мероприятиях, связанных со становлением почвы средством производства и повышением ее плодородия возможно изменение численности организмов, которое определяют оптимальное состояние почвенной системы в данный конкретный момент ее функционирования, включая высокую продуктивность сельскохозяйственных культур.

4.8. Применение показателей ферментативной активности в целях мониторинга и диагностики почв Юга России[2]

Диагностика и мониторинг почв позволяют оценивать их плодородие и выявлять негативные последствия антропогенного воздействия. В предложенном Л. М. Державиным с соавторами (1999)

[2] Автор главы: Даденко Е. В.

длинном списке показателей почвенного плодородия нет ни одного биологического (биохимического) показателя, за исключением содержания гумуса, хотя неоднократно говорится о необходимости мониторинга биологических свойств. Такое положение недопустимо, так как деградационные явления, прежде всего, затрагивают биологические объекты, снижая биологическую активность и, в конечном счете, плодородие почв. Поэтому использование методов биологической диагностики, позволяет определить негативные последствия антропогенного воздействия на ранних стадиях (Казеев и др., 2004).

Многолетними исследованиями показана максимальная эффективность диагностики и мониторинга почвенного покрова биохимическими методами, в частности с помощью показателей ферментативной активности почв (Галстян, 1974, 1978, 1982; Хазиев, 1976, 1982, 1990; Звягинцев, 1978; Гончарова, 1991; Абрамян, 1992; Казеев, 1996; Колесников, 1998; Личко, 1998; Даденко, 2001, 2002; Даденко, Казеев, 2003, Казеев и др., 2003). Применению ферментативной активности в качестве диагностического показателя способствует низкая ошибка опытов, простота определения, высокая чувствительность к внешним воздействиям. Доказана ведущая роль показателей ферментативной активности при оценке влияния загрязнения различными продуктами техногенеза (нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами, пестицидами и др.) на экологическое состояние почв (Колесников и др., 2000, 2001; Татосян, 2003; Казеев и др., 2004; Денисова, 2004).

В почвенной биохимии важнейшими классами ферментов являются оксидоредуктазы и гидролазы. На сегодняшний день ферменты, относящиеся к этим классам, наиболее изучены. Как показал А. Ш. Галстян (1974), для определения биологической активности разных почв достаточно определение не всего набора ферментов, а только некоторых из них: из оксидаз – каталаза, из карбогидраз – инвертаза, из амидаз – уреаза.

При оценке влияния антропогенных факторов различной природы на состояние почвенного покрова должен быть определен конкретный набор наиболее информативных показателей ферментативной активности почв.

При выборе метода биоиндикации почв необходимо учитывать следующие критерии: его чувствительность, вариабельность полученных результатов, сложность метода и длительность анализа, возможность его применения на различных почвах, селективность

в индикации различных загрязнителей, типов деградации почв. Необходимо знать естественный диапазон вариации этого показателя и его взаимосвязь с другими параметрами почвы (Деградация и охрана почв, 2002).

Ранее (Деградация и охрана почв, 2002; Казеев, 2004) проведена оценка разных показателей биологической активности для целей диагностики и мониторинга. Она показала высокую эффективность ферментативной активности. Нами проведена сравнительная оценка показателей ферментативной активности и содержания гумуса в целях дальнейшего совершенствования их применения в диагностике и мониторинге почв. Приведенная оценка дает общее представление о биохимических методах биодиагностики с учетом некоторых категорий показателей (чувствительность, точность и сложность анализа). Оценка проведена на основании собственных и литературных данных (Колесников и др., 2000, 2001; Безуглова, 2001; Тищенко, 2004; Денисова, 2003, 2004; Казеев, 2004). При этом объектами исследований являлись основные типы почв Юга России (чернозем обыкновенный, чернозем южный, каштановая почва, солонец луговой, солончак гидроморфный, рендзины и др.).

Показатели активности каталазы, инвертазы и дегидрогеназы, а также содержания гумуса оценивались по десятибалльной системе. Чем выше балл, тем больше метод пригоден для диагностики и мониторинга почв.

Оценивали активность каталазы и инвертазы, как наиболее изученные и чаще всего применяемые в экологических исследованиях представителей своих классов. Кроме того, определяли активность дегидрогеназы – окислительно-восстановительного фермента, действующего в анаэробных условиях. Показатель содержания гумуса выбран как важнейший показатель почвенного плодородия.

Чувствительность определялась на основании экспериментальных данных, и отражает процентное изменение показателя (по сравнению с контролем) при том или ином воздействии. Точность оценивалась на основании полученных в ходе статистической обработки данных ошибке определения и коэффициента вариации в соответствии с табл. 4.40. В понятии «сложность анализа» учтены количество операций, необходимые реактивы, посуда и оборудование, возможное количество анализов в сутки, а также квалификация исследователя (табл. 4.41).

Таблица 4.40

Оценка точности определения показателей ферментативной активности и содержания гумуса

Коэффициент вариации CV, %	Ошибка определения, %	Балл
0–5	0–5	10
6–10	6–10	9
11–20	11–15	8
21–30	16–20	7
31–40	21–25	6
41–50	26–30	5
51–60	31–35	4
61–70	36–40	3
71–80	41–49	2
280	250	1

Таблица 4.41

Оценка сложности определения показателей ферментативной активности и содержания гумуса

Количество анализов в сутки	Количество операций	Балл
100	1–3	10
90	4–5	9
80	6–7	8
70	8	7
60	9	6
50	10	5
40	11	4
30	12	3
20	13	2
10	≥14	1

Наивысший балл среди изучаемых методов (9,2 из 10 возможных) получила активность каталазы (табл. 4.42). Такая высокая оценка связана с высокой чувствительностью и информативностью данного метода, доступностью и высокой точностью (табл. 4.43–4.46). Помимо этого, каталаза является маловарьирующим показателем и метод ее определения прост в применении и очень производителен (табл. 4.47). Данный фермент чувствите-

лен, и на воздействие большинства изучаемых факторов, кроме сельскохозяйственного использования, он реагировал в сторону снижения активности.

Таблица 4.42

Оценка показателей ферментативной активности и содержания гумуса для диагностики почв

Ферменты	Вид антропогенного воздействия	Чувствительность*	Сложность анализа**	Точность определения**	Средний балл по воздействию	Средний балл по методу
каталаза	Сельскохозяйственное использование	3	10	10	7,6	9,2
	Загрязнение нефтью и нефтепродуктами[1]	9	10	9	9,7	
	Загрязнение тяжелыми металлами[2]	8	10	8	8,6	
	СВЧ-излучение[3]	9	10	10	9,7	
	Ионизирующее излучение[3]	9	10	10	9,7	
	Гидроморфизм[4]	10	10	9	9,7	
инвертаза	Сельскохозяйственное использование	10	6	9	8,3	6,8
	Загрязнение нефтью и нефтепродуктами	3	6	6	5,0	
	Загрязнение тяжелыми металлами	8	6	6	6,7	
	СВЧ-излучение	9	6	6	7,0	
	Ионизирующее излучение	9	6	7	7,3	
	Гидроморфизм	8	6	6	6,7	
дегидроге-наза	Сельскохозяйственное использование	10	7	9	8,6	7,6
	Загрязнение нефтью и нефтепродуктами	2	7	8	5,7	
	Ионизирующее излучение	10	7	9	8,6	
	Гидроморфизм	8	7	7	7,3	

Окончание табл. 4.42

Ферменты	Вид антропогенного воздействия	Чувствительность*	Сложность анализа**	Точность определения**	Средний балл по воздействию	Средний балл по методу
гумус	Сельскохозяйственное использование	10	8	10	9,3	6,9
	Загрязнение нефтью и нефтепродуктами	2	8	7	5,7	
	Загрязнение тяжелыми металлами	2	8	10	6,7	
	Ионизирующее излучение	1	8	10	6,3	
	Гидроморфизм	5	8	6	6,3	

[1] Татосян М. Л. (2003), Казеев К. Ш. с соавт., (2004);
[2] Колесников С. И. с соавт. (2000, 2001);
[3] Денисова Т. В. (2003, 2004);
[4] Безуглова О. С. (2001); Тищенко С. А. (2004), Казеев К. Ш. с соавт. (2004); Стрелкова В. И., Казеев К. Ш., (2004).
* Прямая зависимость балла оценки от величины показателя.
** Обратная зависимость балла оценки от величины показателя.

Таблица 4.43

Оценка сложности определения показателей ферментативной активности и содержания гумуса

Показатель	Количество анализов в сутки		Реактивы посуда оборудование	Квалификация исследователя	Количество операций		Средний балл
		балл				балл	
Активность каталазы	(100)	10	10	10	(2)	10	10
Активность инвертазы	(40)	4	7	9	(10)	5	6
Активность дегидрогеназы	(40)	4	7	9	(6)	8	7
Содержание гумуса	(50)	5	8	9	(5)	9	8

Таблица 4.44

Оценка сложности анализа, в связи с используемыми реактивами, посудой и оборудованием

Показатель	Стоимость реактивов на 100 анализов, руб.	Посуда на 100 образцов, шт	Оборудование для анализа	Балл*
Активность каталазы	15	Сдвоенная колба – 3 Пипетка 5 мл – 1	Бюретки – 2 шт.	10
Активность инвертазы	30	Колба 100мл – 200 Пробирки – 100 Воронки – 20 Мерный цилиндр 25мл – 1 Пипетка 5 мл – 1 Пипетка 10 мл – 1	Термостат Печка Центрифуга ФЭК	7
Активность дегидрогеназы	350	Колба 100мл – 100 Пробирки – 100 Воронки – 20 Пипетка 1 мл – 1	Термостат Вакуумный эксикатор ФЭК	7
Содержание гумуса	150	Колба 200мл – 200 Мерный цилиндр 25мл – 1	Термостат ФЭК	8

* Обратная зависимость балла от величины показателя

Активность инвертазы в среднем набрала лишь 6,8 балла. Инвертаза является достаточно чувствительным ферментом, и активность ее значительно изменяется под влиянием большинства негативных антропогенных факторов (кроме загрязнения нефтью и нефтепродуктами) (см. табл. 4.42). Но применение этого показателя затруднено из-за его значительного варьирования (см. табл. 4.44, 4.45), что делает необходимым соблюдать большую повторность. Кроме этого, метод определения инвертазы достаточно трудоемок (10 разных операций) и требует большого количества лабораторной посуды и оборудования (см. табл. 4.43, 4.44).

Таблица 4.45

Коэффициент вариации CV (его среднее значение) при определении ферментативной активности и содержания гумуса

Вид воздействия	Активность каталазы		Активность инвертазы		Активность дегидрогеназы		Содержаниие гумуса	
	значение, в %	балл	значение, в %	Балл	значение, в %	балл	значение, в %	балл
Сельскохозяйственное использование	5,1	10	9,0	9	8,1	9	4,0	10
Загрязнение нефтью и нефтепродуктами	9,8	9	37,3	6	15,0	8.	22,8	7

Окончание табл. 4.45

Вид воздействия	Активность каталазы		Активность инвертазы		Активность дегидрогеназы		Содержаниие гумуса	
	значение, в %	балл	значение, в %	балл	значение, в %	балл	значение, в %	балл
Загрязнение тяжелыми металлами	11,5	8	32,9	6	Не опр.	Не опр.	5,1	10
СВЧ-излучение	4,2	10	37,9	6	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Ионизирующее излучение	4,5	10	17,0	8	10,3	9	4,4	10
Гидроморфизм	9,4	9	31,2	6	30,3	7	32,8	6
Средний балл по методу	9		7		8		8	

Таблица 4.46

Ошибка определения (ее среднее значение) при определении ферментативной активности и содержания гумуса, в % от среднего

Вид воздействия	Активность каталазы		Активность инвертазы		Активность дегидрогеназы		Содержаниие гумуса	
	значение, в %	балл	значение, в %	балл	значение, в %	балл	значение, в %	балл
Сельскохозяйственное использование	3,1	10	3,4	10	5,1	10	2,9	10
Загрязнение нефтью и нефтепродуктами	6,5	9	21,8	6	10,8	.8	16,8	7
Загрязнение тяжелыми металлами	8,1	9	22,9	6	Не опр.	Не опр.	2,9	10
СВЧ-излучение	1,2	10	16,8	7	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Ионизирующее излучение	5,4	9	6,4	9	5,7	9	1,3	10
Гидроморфизм	6,3	9	13,4	8	16,7	7	23,7	6
Средний балл по методу	9		7		8		8	

Активность дегидрогеназы отличается от инвертазной меньшим варьированием. Этот показатель чувствителен и приемлем для диагностики воздействия на почву сельскохозяйственного использования, гамма-излучения, а также переувлажнения (см. табл. 4.42).

Но средний балл для активности дегидрогеназы 7,6. Причиной занижения балла является меньшая доступность этого метода. Метод определения дегидрогеназы достаточно сложен, требует затрат на реактивы и значительного количества посуды и оборудования (см. табл. 4.43, 4.44). К сожалению, в литературе недостаточно данных по этому ферменту и затруднительно оценить значение его для диагностики других воздействий.

Для сравнения применимости ферментативной активности в диагностике и мониторинге оценили показатель содержания гумуса. Показатель содержания гумуса имеет ряд преимуществ: варьирует незначительно (см. табл. 4.45, 4.46), прост в применении, его использование не требует сложного оборудования и реактивов. Однако для оперативной диагностики он малопригоден в силу своей большой консервативности. Его применение очень эффективно при оценке последствий сельскохозяйственного использования (9,3 балла).

В табл. 4.47 приведена интегрированная оценка эффективности применения ФА для диагностики разных антропогенных воздействий. Если рассматривать отдельно каждый вид воздействия, то наиболее информативными при оценке последствий влияния сельскохозяйственного использования на биологическую активность почв являются содержание гумуса, дегидрогеназа и инвертаза. Для диагностики загрязнений различной природы и переувлажнения более пригодна активность каталазы.

Если оценивать применимость в целом методов ферментативной активности для диагностических целей, то наивысший балл и, следовательно, большую эффективность эти методы имеют при диагностике сельскохозяйственного использования (8,2 балла), СВЧ и ионизирующего излучений (8,5).

Таким образом, ферментативную активность почв можно применять для биологической диагностики и мониторинга почвенного покрова. Применение активности ферментов наиболее эффективно при диагностике сельскохозяйственного использования, воздействия СВЧ и ионизирующего излучений. Показатели ферментативной активности в разной степени пригодны для диагностики деградационных процессов различного происхождения. Для оценки последствий влияния сельскохозяйственного использования на биологическую активность почв наиболее информативными являются активность дегидрогеназы и инвертазы. Для диагностики загрязнений различной природы и переувлажнения более пригодна активность каталазы.

Таблица 4.47

Оценка показателей ферментативной активности и содержания гумуса для диагностики различных воздействий

Вид воздействия	Показатель	Чувствительность	Сложность анализа	Точность определения	Средний балл по воздействию	Средний балл по ферментативной активности
Сельскохозяйственное использование	каталаза	3	10	10	**7,6**	**8,2**
	инвертаза	10	6	9	**8,3**	
	дегидрогеназа	10	7	9	**8,6**	
	гумус	10	8	10	**9,3**	
Загрязнение нефтью и нефтепродуктами[1]	каталаза	9	10	9	**9,7**	**6,8**
	инвертаза	3	6	6	**5,0**	
	дегидрогеназа	2	7	8	**5,7**	
	гумус	2	8	7	**5,7**	
Загрязнение тяжелыми металлами[2]	каталаза	8	10	8	**8,6**	**7,7**
	инвертаза	8	6	6	**6,7**	
	гумус	2	8	10	**6,7**	
СВЧ-излучение[3]	каталаза	9	10	10	**9,7**	**8,5**
	инвертаза	9	6	6	**7,0**	
Ионизирующее излучение[3]	каталаза	9	10	10	**9,7**	**8,5**
	инвертаза	9	6	7	**7,3**	
	дегидрогеназа	10	7	9	**8,6**	
	гумус	1	8	10	**6,3**	
Гидроморфизм[4]	каталаза	10	10	9	**9,7**	**7,9**
	инвертаза	8	6	6	**6,7**	
	дегидрогеназа	8	7	7	**7,3**	
	гумус	5	8	6	**6,3**	

[1] Татосян М. Л. (2003), Казеев К. Ш. с соавт., (2004);
[2] Колесников С. И. с соавт. (2000, 2001);
[3] Денисова Т. В. (2003, 2004);
[4] Безуглова О. С. (2001); Тищенко С. А. (2004), Казеев К. Ш. с соавт. (2004); Стрелкова В. И., Казеев К. Ш., (2004).

5. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ: ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ РАСТЕНИЙ ВОДОЙ И ВОЗДУХОМ

5.1. Мощность почв и корнеобитаемой толщи

Влагообеспеченность растений зависит от объема почвенной массы. Корневым системам растений необходим определенный экологический простор для водопотребления, питания, стабильного расположения. Все это обеспечивает определенная мощность корнеобитаемой толщи, которая может далеко простираться за объемы собственно почвы, как, например, на черноземах, или сосредотачивается только в отдельном верхнем плодородном горизонте А, что характерно для солонцов и других почв с экологически неблагоприятными свойствами в нижних генетических горизонтах (оглеение, засоление, слитость и т. д.).

Общие представления о мощности корнеобитаемой толщи. В почвоведении и экологии растений оперируют вполне определенными экологическими понятиями: мощность почвы и ее генетических горизонтов, мощность корнеобитаемой толщи и др., подразумевая под этим толщину массы почвы и прилегающих к ней слоев коры выветривания. Обычно рассматривают:

- мощность почвы как цельного природного образования, включающая всю совокупность генетических горизонтов до почвообразующей породы. Многообразие географической среды определяет очень широкое варьирование мощности почв. Безусловно, учитывается мощность отдельных генетических горизонтов;
- мощность гумусового горизонта, величина которого, как правило, отражает развитие дернового процесса, жизнедеятельности травянистой растительности. Гумусовый горизонт отражает эффективное и потенциальное плодородие почв. По мощности этого горизонта прежде всего выделяются черноземы, а среди них – сверхмощные черноземы Предкавказья. Подчеркнем первостепенную значимость в плодородии почвы в целом;
- мощность экологически оптимальной корнеобитаемой толщи конкретно для каждой почвы и каждого растения. В экологическом почвоведении учитывается пластичность корневой системы растений. Они могут приспосабливаться к различной мощности в зависимости от условий обитания. В садах на бурых и серых лесных почвах корни яблони, например, вполне удовлетворяются мощностью обитания 80–100 см. На черноземах для деревьев дефицитом становится влага и в богарных условиях в ее поис-

ках деревья имеют мощную широко разветвленную корневую систему, простирающуюся до глубины 2,5–3,0 м;

- мощность рухляковой толщи учитывается при формировании почв на плотных каменистых или тяжелоглинистых породах, в которых развитие корневых систем невозможно. К таким плотным породам относятся граниты, известняки, мергели, песчаники, галечники, орштейновые горизонты почв, древние глины с плотностью более 1,6–1,7 и т. д.

Близость к поверхности твердых пород оказывает разный негативный эффект. В условиях недостаточного увлажнения (коэффициент увлажнения менее 0,8) главное отрицательное действие выражается в дефиците влаги в период вегетации при сокращении объема корнеобитаемой толщи. Во влажных условиях отрицательно сказывается переувлажненность профиля, если нет естественного оттока избыточных вод. Естественное дренирование может происходить за счет внутрипочвенного стока воды на склонах и вертикальной фильтрации в проницаемых породах. Известняки, мергели, галечники относятся к породам водопроницаемым. В связи с этим мощность корнеобитаемой рухляковой толщи оценивается с учетом климатических, рельефных и петрографических характеристик.

Глубина проникновения корней в толщу почвы и почвообразующей породы обычно больше мощности экологически необходимого корнеобитания. Общее правило: чем суше условия вегетации, тем глубже распространяются корни и их отдельные представители в далекую от поверхности массу почвообразующей породы. Несомненно, здесь проявляется также биогеоценотический эффект накопления в верхних горизонтах элементов минерального питания растений, извлекаемых из глубоких слоев материнской породы.

Важное условие плодородия – корнеобитаемая толща на всю ее мощность в своем многообразии географического распространения и экологической целесообразности должна быть оптимальна для растений. Одна из экологических закономерностей агроценозов и фитоценозов: корневые системы растений беззащитны перед ядовитым воздействием окружающей среды. Вещества, встречающиеся в корнеобитаемом слое, будь то почвенные горизонты или слои материнской породы, беспрепятственно проникают в организм растений и вызывают соответствующие физиологические нарушения после критического количественного их накопления.

Эффект ядовитости свойственен всякой выше предела концен-

трации легкорастворимых солей (засоление почвы), солонцеватости, щелочности и кислотности, загрязнению соединениями тяжелых металлов, химикатов (пестициды, промышленные отходы и т. д.). Все то, что не было обычным для эволюции растений в экологическом плане, можно считать ядовитым, так как поглощается корнями растений несмотря на пагубные последствия. Корневые системы не обладают барьерными или отторгающими свойствами.

Особенно наглядно принцип беззащитности растений и неразборчивости корневых систем в поглощении всякого рода ненужных веществ иллюстрирует рост яблони и других плодовых культур на почвах, содержащих избыточные концентрации легкорастворимых солей или имеющих высокую щелочность в глубоких слоях корнеобитаемой толщи. Это относится к некоторым черноземам Предкавказья, у которых негативные свойства наблюдаются с глубины 200–250 см. Яблони на сильнорослых подвоях хорошо растут и плодоносят до 10–15 лет когда растения используют для жизнеобеспечения верхнюю толщу почвы с благоприятными свойствами. Беспрепятственное проникновение корней в ядовитую толщу вызывает преждевременное угнетение, затем гибель деревьев. Корни плодовых, глубоко развиваясь в поисках влаги, попадают в среду, которая и вызывает отравление растения. Истощение дерева начинается с корня, а истощение корня – это потеря ее гармонии с окружающей почвенно-грунтовой средой.

Почвенный профиль и экологическая значимость генетических горизонтов. Почвенный покров Земли, или ее педосфера, представляет особую оболочку, образованную конкретными почвами различной толщины, мощности. Главные составляющие почв – генетические горизонты, отличающиеся своеобразным строением, свойствами и экологическими функциями.

Общий вид почвы со всеми почвенными горизонтами называется строением почвы. Это результат генезиса почвы, постепенного развития ее из материнской породы, которая дифференцируется на горизонты в процессе почвообразования. Совокупность генетических горизонтов образует генетический профиль почвы.

Почвенный профиль – определенная вертикальная последовательность генетических горизонтов почвы. Почвенный профиль, а также сочетания генетических горизонтов специфичны для каждого этапа почвообразования в условиях конкретной физико-географической обстановки. Генетическая и экологическая сущность почв определяется результативностью процессов почвообразования (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Генетическая и экологическая результативность почвообразовательных процессов

Процессы почвообразования	Главный генетический итог почвообразования	Специфика генетических горизонтов	Экологическая значимость	Наиболее распространенные почвы
Минерализация	Разложение органических остатков и гумусовых веществ до простых солей, CO_2 и H_2O	Не образуются	Освобождение биосферы от органических веществ биологического происхождения. Непосредственное поступление в почвенные растворы биофильных элементов	Процесс типичен для всех почв
Гумификация	Образование перегнойно-аккумулятивных горизонтов и гумусовых растворов, активно воздействующих на минеральную часть почв	A, A_1, A_1A_2, AB	При гуматной гумификации – накопление элементов плодородия в почвенной массе, при фульватной – поддержание кислой среды и элювиирование биофильных элементов	Глобальный процесс. Характерен для всех почв
Торфообразование	Накопление слаборазложившегося органического вещества над минеральной частью почвы при постоянном заболачивании	Т, Ат	Консервация органических веществ растительного происхождения	Торфяно-болотные почвы и торфяники, торфяно-глеево-подзолистые и тундрово-глеевые почвы
Первичное почвообразование	Маломощные рухляковые почвы на обнаженных породах	А + С(Д)	Возникновение плодородия в геологической породе	Ранкеры, ареносоли, регосоли, пелосоли, рендзины

Продолжение табл. 5.1

Процессы почвообразования	Главный генетический итог почвообразования	Специфика генетических горизонтов	Экологическая значимость	Наиболее распространенные почвы
Дерновый процесс	Разрыхление и оструктуривание профиля под возделыванием корневых систем травянистой растительности при участии гумификации	A, A_1, AB	Главнейший процесс, обеспечивающий агрономическое плодородие почв. Условие существования травянистых биогеоценозов	Черноземы, каштановые, луговые, дерновые и другие почвы с травянистой растительностью
Оглинивание	Увеличение глинистости почвенной массы за счет преобразования первичных минералов	Bt, ABt	Накопление в биосфере вторичных глинистых минералов, основа возникновения глин и суглинков	Коричневые и серо-каштановые почвы, черноземы и каштановые почвы южно-европейской фации и др.
Слитогенез	Формирование слитости почв и кор выветривания с монтмориллонитовым минералогическим составом	B	Деградация водно-физических свойств, обесструктуривание почвы, развитие условий, неблагоприятных для растений с многолетними корневыми системами	Вертисоли, слитые черноземы, серые лесостепные почвы и др.
Глеевый процесс	Господство анаэробиозиса и водорастворимых закисных форм железа и других соединений, проявляющиеся в сизых и серо-сизых тонах	G, Ag, Bg, Cg	Возникновение среды, непригодной для аэробных условий обитания организмов	Болотные и лугово-болотные почвы, подзолисто-глеевые, тундровые и др.

Продолжение табл. 5.1

Процессы почвообразования	Главный генетический итог почвообразования	Специфика генетических горизонтов	Экологическая значимость	Наиболее распространенные почвы
Аллитизация	Накопление в почве и коре выветривания вторичных минералов окислов железа и алюминия, а также каолинита; вынос SiO_2 и всех остальных соединений	Специфические горизонты отсутствуют	Обеднение почвы биофильными элементами, ее псевдоопесчанивание. Биогеоценотические функции почвы как резервы элементов питания резко сокращаются, особенно во влажных условиях тропиков	Красные и желтые почвы тропиков, красноземы и желтоземы субтропиков и др.
Латеритизация (латеритообразование)	Образование железисто-алюминиево-силикатных кор, панцирей, конкреций в профиле почв (пизолитовые и альвеолярные латериты)	В лат	Резкое снижение плодородия за счет каменистости почы, уменьшения ее активного объема	Латеритные почвы разных типов во влажных условиях субтропиков и тропиков
Выщелачивание простых солей	Вынос за пределы почвы и коры выветривания или миграция в нижние горизонты почвы карбонатов и легкорастворимых солей	При промывном водном режиме специфические горизонты отсутствуют, при периодически промывном Ск, при непромывном – Ск + Cs	Необходимое условие миграции химических элементов в биосфере, удаление из почв избыточных концентраций легко растворимых солей и карбонатов	В разной степени выражены у всех почв при всех типах водного режима

Продолжение табл. 5.1

Процессы почвообразования	Главный генетический итог почвообразования	Специфика генетических горизонтов	Экологическая значимость	Наиболее распространенные почвы
Солончаковый процесс	Повышение концентрации легкорастворимых солей в верхних горизонтах почвы, появление прожилок солей, их выцветов на структурных агрегатах, солевой корки на поверхности почвы	As	Солончаковая деградация почв, резкое ухудшение условий жизнеобитания большинства организмов	Солончаки и засоленные почвы
Мергеленакопление	Накопление CaCO3 за счет испарения вод насыщенных $Ca(HCO_3)$ $Mg(HCO_3)_2$	–	Возникновение карбонатных мергелистых горизонтов. Ограничение плодородия и жизнеобитания	Болотные почвы сезонновлажных жарких условий
Солонцовый процесс	Внедрение в ППК иона Na+. Приобретение свойств солонцеватости гидрофильность диспергация коллоидов, щелочная реакция среды, элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы	AA_2, B_{Na}	Ухудшение условий обитания организмов, снижение плодородия	Солонцы, солонцеватые почвы

Окончание табл. 5.1

Процессы почвообразования	Главный генетический итог почвообразования	Специфика генетических горизонтов	Экологическая значимость	Наиболее распространенные почвы
Осолодение	Щелочной гидролиз минеральной массы почвы, элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы	A_2, Bi	Опесчанивание поверхностных горизонтов, ухудшение физических свойств, периодическое переувлажнение	Солоди, солонцы, осолодения и солонцеватые почвы
Оподзоливание	Кислотный гидролиз минеральной массы под воздействием фульвокислот и неспецифических органических соединений	A_1A_2, A_2, Bi	Снижение агрономического плодородия, кислая реакция среды, оптимизации для хвойных лесных биогеоценозов	Подзолистые почвы, дерново-подзолистые почвы и другие оподзоленные почвы
Лессиваж	Вынос ила из верхней части профиля без его разрушения; накопление ила в нижней части профиля; образование кутан, элювиально-иллювиальная дифференциация профиля	A_1A_2 + Bit	Оптимизация условий для широколиственных лесных биогеоценозов	Бурые и серые лесные, палево-подзолистые и другие почвы
Псевдоглеевый процесс	Накопление в почве закисных и окисных соединений железа и марганца, проявляющееся в пестрой, ржаво-бурой и сизой пятнистости при перемежающихся восстановительно-окислительных условиях	Ag, Bg, B	Временная переувлажненность среды обитания	Псевдоглеи, псевдоподзолы, луговые почвы и др.

Мощность профиля почвы и ее гумусового горизонта, как главного объекта концентрации элементов плодородия, варьирует в широких пределах (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Мощность почв и их гумусовых горизонтов

Почвы	Генетические профили	Мощность, см	
		профиль почвы	гумусовый горизонт
Черноземы типичные южно-европейской фации	$A+AB+B+C_к$	400–500	100–150
Черноземы типичные восточно-европейской фации	$A+AB+B+C_к$	250–300	80–120
Каштановые	$A+AB+B+C_к$	150–250	45
Бурые полупустынные	$A+B+B_к+C_S$	120	25
Дерново-подзолистые	$A_1+A_2+B_i$	80	15
Подзолистые	$A_1+A_2+B_i$	80	2
Бурые лесные	$A+AB_t+B_t$	80–100	30–40
Солонцы	$A+B_{NA}+C_S$	150	3–30
Красноземы и желтоземы субтропиков	$A+B_{it}$	150–200	20
Красные и желтые аллитные почвы тропических гелей	$A_1+A_tA_2+B_i+B_t$	Более 500	5–10
Литосоли	АД	10–20	10–20
Пустынный загар	–	0,1	0,1

Особенности строения генетического профиля почв определяются системой почвенных горизонтов (слоев), возникновение которых закономерно обусловлено экологическими условиями формирования ландшафтов. Генетические горизонты выделяются по сумме признаков и свойств, возникших в результате совместного действия процессов почвообразования. Названия горизонтов отражают их генетическую процессную сущность, а их свойства представляют генетические признаки почв, являющиеся главной основой диагностики в сочетании с условиями и факторами географического распространения. Различные генетические горизонты контрастно значимы по своей экологической сущности (табл. 5.3).

Экологическая конкретность мощности почв для разных растений. Для каждого растения существует определенная оптимальная толща почвы и материнской породы, которая удовлетворяет требованиям наивысшей биологической продуктивности растений. Эта толща всегда превышает объем почвы, в котором распространяется масса корней.

Таблица 5.3

Диагностика и экологическая значимость генетических горизонтов почв

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
A_0	O	Подстилка. Чаще всего образуется в лесных сообществах (лесная подстилка). Может образовываться под травянистой, особенно влажно-луговой, растительностью (степной войлок). Мощность менее 10 см. Содержание органических веществ более 35 %. Органические и животные остатки сохраняют частично свое строение. Объем подстилки в лесах составляет: субтропические леса – менее одного годичного, суббореальные с бурыми лесными почвами – 1–2,5, бореальные таежные леса или горные хвойные – более 3 (3–5). В северной тайге около 20	Лесная подстилка – максимальное сосредоточение биологически разнообразных процессов. Важнейшее звено круговорота веществ древесных биоценозов. Здесь концентрируется минерализация и гумификация растительных остатков, обеспечивая стабильность минерального питания растений и гумусово-минеральных превращений массы почвенных горизонтов. Как правило, среда кислая и слабокислая, а характер микробиологических превращений – грибной. Гумификация происходит по типу образования фульватного гумуса (хвойные биоценозы) и гуматно-фульватного гумуса (биоценозы широколиственного леса)
T	T	Торфяной. В субстантивно-генетической классификации горизонт может быть сухоторфяным (TJ) и торфяно-минеральным (TR). Представлен оторфованными органическими остатками различного ботанического происхождения. TO – олиготрофные сфагновые, TE – эутрофные разнорастительные горизонты	Обилие органического вещества (более 35 % от массы горизонта), кислая реакция среды, анаэробные условия. Торфяные слои – консерванты тел животных и человека, катастрофически попавших в торфяную массу. Олиготрофный торф верховых болот не имеет земледельческой ценности. Торф низинных болот (эутрофный) может быть объектом сельскохозяйственного использования. Величайшая влагоемкость торфа (около 1000 %) – экологическая основа благоденствия окружающих болота ландшафтов, включая полноводность рек
AT	H	Перегнойный. Темный почти черный, мажущейся консистенции с содержанием органических веществ 20–25 %. Растительные остатки свое исходное строение утратили. Характерен для гидроморфных почв	Сопутствует гидроморфному почвообразованию с травянистой растительностью

Продолжение табл. 5.3

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
A_0A_1	AT	Грубогумусовый. Гетерогенный по составу: растительные и животные остатки различной степени разложения и минеральные компоненты почвы. Общее количество органического вещества менее 35 %	Как правило, переходный горизонт от лесной подстилки непосредственно к гумусовому горизонту. Биологически наиболее активный горизонт лесных почв. Реакция среды от кислой до нейтральной, функционально близок к горизонту A_0
A	AY, AU	Гумусовый. Часто ранее назывался гумусово-аккумулятивным горизонтом. Субстантивно-генетическая классификация впервые гумусовый горизонт разделяет на два генетически самостоятельных: AY – *светлогумусовый* с содержанием фульватного или гуматно-фульватного гумуса до 4–6 %, AU – *темногумусовый* с содержанием гуматного или фульватно-гуматного гумуса более 4 %	Наиболее полное проявление типично для дернового процесса почвообразования в биоценозах с травянистой растительностью. Обязательно преобладание гуминовых веществ с большой количественной вариацией в разных почвах. Интегральный показатель плодородия в агроценозах
Ад	AD	Дерновый гумусовый. Насыщен живыми корнями травянистой растительности. Типичен для почв под травянистыми фитоценозами, в которых преобладает злаковый травостой. Максимальное проявление в целинных черноземах и луговых почвах. Типично интенсивно зернистое или ореховато-зернистое структурообразование	Характерно максимальное сосредоточение функций дернового процесса почвообразования: биологическая активность, гумусообразование, формирование высоко агрегированного сложения и др.
Апах	PY, PU, PB	Пахотный. Верхняя часть профиля любых почв, преобразованная земледельческой обработкой, с мощностью максимальной глубины вспашки. В субстантивно-генетической классификации наличие в профиле агрогенно-преобразованного горизонта послужило основой выделения самостоятельных типов и подтипов почв	Пахотный горизонт является производным одного или нескольких верхних горизонтов естественных почв. Отличается утратой структуры первоначальных почв. Имеет общую закономерную тенденцию: несмотря на генетическое разнообразие природных почв, происходит уравнивание агропроизводственных агрономических характеристик до экологического оптимума для сельскохозяйственных растений, возделываемых в конкретном регионе

Продолжение табл. 5.3

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
A_1 (A_1A_2)	AEl	Гумусово-элювиальный. Осветленный горизонт. В результате элювиирования обеднен илом и полуторными оксидами в сравнении с нижележащим. Содержит гумуса около 2 %, отношение Сгк : Сфк чаще менее 1	Сочетает признаки элювиирования и гумусонакопления при участии травянистой растительности в лесных биоценозах. Наиболее плодородный горизонт в лесных почвах
A_2	EL	Элювиальный. Четко осветленный, ясно кремнеземистый, похожий на подзолистый. Почвенная масса плитчатой, слоеватой, чешуйчатой, листовой структуры или бесструктурна. Отличается резким обеднением илом и полуторными оксидами	Встречается в условиях широколиственных лесов со слабокислой реакцией среды почвенных растворов лесной подстилки. Лессивирование – основная причина формирования. Типична биологическая бедность, низкий уровень плодородия
A_2	E	Подзолистый. Разновидность элювиального горизонта. Характерно обеднение всех гранулометрических фракций полуторными оксидами по сравнению с нижележащими горизонтами и материнской породой. Впервые выделен как самостоятельный элювиальный горизонт в субстантивно-генетической классификации почв	Результат кислотного гидролиза минералов под воздействием фульвокислот лесной подстилки. Обогащен SiO_2, легкого гранулометрического состава, очень кислая реакция среды, дефицит зольных элементов и органического вещества
AB		Гумусовый переходный. По гумусовому содержанию является количественно менее выраженным продолжением горизонта А. Может совмещаться с текстурным, метаморфическим и иллювиальными горизонтами (AB_t, AB_i)	Ослабление проявления свойств дернового процесса. Уровень эффективного плодородия от горизонта А составляет 40–60 %. Это касается также всех биологических характеристик. Однако горизонты А+АВ представляют неразрывное эколого-генетическое единство всего гумусового профиля в его разносторонним биогеоценотическом функционировании

Продолжение табл. 5.3

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
AB	BMK	Каштановый метаморфический. Рыжевато-коричневый со специфической хорошо оформленной структурой призмовидно-ореховатой формы. Залегает под гумусовым горизонтом и содержит гумуса около 1,5–2,0 %. В эколого-генетической классификации выделялся как гумусовый переходный. Впервые показан как типодиагностический горизонт в субстантивно-генетической классификации	Каштановый горизонт является частью гумусового с пониженным количеством гуминовых кислот своеобразных бурых фракций. Состав гумуса гуматно-фульватный, структура крупно-комковатая. Важнейший компонент гумусового профиля в экологическом функционировании биоценозов сухой степи
B_i	BI	Иллювиальный (иллювиально-глинистый). Бурый или коричнево-бурый с ореховато-призмовидной структурой. Отмечен накоплением илистой фракции за счет лессивирования из вышележащего элювиального горизонта. Характерны глинисто-гумусовые кутаны по граням структурных отдельностей	Типично незначительное содержание гумуса, слабокислая реакция среды, грубая структура. Однако водные и физические характеристики стабильны за счет повышенного содержания свободных окислов железа. Оптимальная среда обитания корней лесных биоценозов обеспечивается поступлением растворов из лесной подстилки и грубогумусового горизонта
B_t		Метаморфический, текстурный. Бурый или коричнево-бурый горизонт, располагающийся ниже гумусового и часто совпадающий с ним. Признаки иллювиирования не отмечаются. Характерно метаморфическое оглинивание, выражающееся в накоплении ила in situ. По мере увеличения глинистости материнской породы дифференциация в содержании ила между подпочвой и горизонтом ослабевает. Горизонт типичен для бурых лесных суббореальных и субтропических почв	Отмечается утяжеление гранулометрического состава при отсутствии элювиально-иллювиальной дифференциации минеральной части почвы. Активный участник выполнения экологических функций в лесном биогеоценозе

Продолжение табл. 5.3

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
B_{hFe}	BHF	Иллювиально-гумусово-железистый (альфегумусовый). Характеризуется наличием ясно выраженных гумусовых и оксидножелезистых пленок на поверхности минеральных зерен и агрегатов почвы. Обогащен несиликатными формами оксидов железа	Компонент экологического единства всего профиля почвы без особого выделения каких-либо функций
B_{Fe}	F	Рудяковый. Обильны (более 50 %) скопления конкреций, сцементированных в глыбы и плиты. Идентифицируется как латерит	Конкреции обуславливают резкое снижение плодородия почвенной массы, выполняя роль каменистого балласта. Резко сокращаются экологические способности почвы как среды обитания многолетних растений
B_{Ca}	BCA	Аккумулятивно-карбонатный. Содержит максимальное в профиле почвы количество карбонатов за счет иллювиально-десуктивной аккумуляции. Помимо карбонатной пропитки почвенной массы встречаются новообразования $CaCO_3$ в виде прожилок (псевдомицелий), мучнистых скоплений (белоглазки) и каменисто-сцементированных конкреций (журавчики)	Обилие $CaCO_3$ (до 12–14 %). Обычно встречается в степных и сухостепных почвах до 12–14 %. Активно используется корнями растений и почвообитающими животными
B_{CsSa}		Иллювиальный горизонт гипса (B_{Cs}) и легкорастворимых солей (B_{Sa}). Является нижней частью профиля почв с непромывным водным режимом. Типичны новообразования гипса в виде друз кристаллов и пропитка почвенной массы легкорастворимыми солями. Часты их мелкокристаллические выцветы	Абиотичен как среда обитания для корней растений и животных и тем сильнее, чем больше насыщенность хлоридами. Является причиной гибели многолетних насаждений при их культивировании на почвах с горизонтам $B_{cs\ sa}$

Продолжение табл. 5.3

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
B_{Na}	BSN	Солонцовый. Характеризуется типичными свойствами солонцеватости, главные из которых – иллювиированное накопление коллоидов, их пептизационная способность и щелочная реакция среды	Пересыщен обменным Na. Абиотичен для корней растений и животного мира из-за высокой щелочности и крайне неблагоприятных физических характеристик: вязкий, пластичный, сплошной во влажном состоянии и крупно-столбчато-призмовидно-глыбистый в сухом. В горизонте иллювиирован гель коллоидной плазмы почвы
Всл	V	Слитой. Вязкий и пластичный во влажном состоянии, очень плотный (плотность 1,7–1,9 г/см^3), глыбистый в сухом. Почти черного цвета при слабой гумусированности. Всегда глинистый	Совмещен с гумусовым дерновым горизонтом, но резко отличается по физическим характеристикам. Глинистый, вязкий, пластичный сильно набухающий с высокой степенью усадки, сплошной во влажном состоянии и крупно-глыбистый, глубоко-трещиноватый в сухом. Корни могут проникать в почвенную массу только во влажном состоянии. При высыхании почвы происходит разрыв корневых систем. Крайне неблагоприятен для многолетних растений
G	G	Глеевый. Признаки оглеения проявляются на площади более 80 % вертикального среза. Тона окраски: сизые, голубоватые, зеленоватые с ржавыми и охристыми пятнами. Пересыщен влагой	Переувлажненная бескислородная среда с интенсивным развитием анаэробиозиса при наличии водорастворимой органики. Для корней растений недоступен

Окончание табл. 5.3

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки	Экологическая значимость
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация		
	Q	Криптоглеевый (скрытоглеевый). В субстантивно-генетической классификации выделяется как вариант глеевого горизонта, что совершенно справедливо. Характерны оливковые, грязно-серые или стальные тона, хотя четкие цветовые сизо-зеленые глеевые тона отсутствуют. Содержит карбонаты, возможен гипс и легкорастворимые соли. Реакция среды нейтральная и слабощелочная	Изменчивость окислительно-восстановительного потенциала при меняющемся контрастном увлажнении
B (BC)		Переходный. Горизонт переходный от собственно почвы к материнской породе	Совмещение свойств горизонтов перехода к почвообразующей породе
C		Почвообразующая порода. Рыхлая порода, не затронутая или слабо затронутая почвообразованием	Разнообразные экологические характеристики
D		Подстилающая порода. Выделяется в том случае, когда почвенные горизонты образовались на одной породе, а ниже расположена другая. Или массивно-кристаллическая почвообразующая порода	Наиболее оптимальны для растений лессовидные породы и речной аллювий

В табл. 5.4 приведены величины мощности рухляковой толщи, обеспечивающие наивысший урожай растений. Они показывают не максимальную глубину проникновения корневых систем, а необходимый оптимум для роста и развития растений при оптимуме увлажнения. Отдельные корни данных растений могут использовать факторы плодородия более глубоких горизонтов, но их вклад в создание урожая незначителен.

Таблица 5.4

Мощность рухляковой толщи, обеспечивающей наивысший урожай растений, см

Растения	Мощность	Растения	Мощность
Пшеница	140	Чай	50
Рожь	120	Клюква	30
Овес	90	Фасоль	50
Люцерна	240	Мандарин	50
Лук	65	Огурец	60
Дыня	100	Томат	100
Тыква	140	Земляника	55
Кабачки	95	Сладкий перец	40
Патиссоны	95	Смородина	65
Арбуз	130	Малина	110
Гречиха	80	Лавр	80
Грецкий орех	170	Виноград	200
Яблоня	250	Слива	150
Сахарная свекла	200	Конопля	100
Кукуруза	150	Просо	120
Картофель	70	Подсолнечник	170

Особенно важное значение приобретает оценка мощности рыхлой корнеобитаемой толщи при закладке многолетних насаждений (табл. 5.5). При оценке возможности использования почв под плодовые насаждения учитываются климатические условия. К засушливым территориям отнесены южные черноземы и каштановые почвы. Умеренно-влажные условия объединяют все остальные подтипы черноземов и коричневые почвы, а влажные – почвы лесного ряда (серые, бурые, желтоземы). Рекомендации учитывают также рельефное положение почв и характер подстилающих пород.

Таблица 5.5

Возможности использования под плодовые насаждения почв различной мощности (по Неговелову)

Мощность почв и грунтов, см	Климатические условия		
	засушливые	умеренно-влажные	влажные
Равнины и пологие склоны менее 7° с почвами, которые сформировались на водонепроницаемых породах			
0–60	Не пригодны к использованию		
60–100	Возможны посадки абрикоса и вишни	Слива при условии сброса избыточных вод	Слива при условии устройства дренажа
100–150	Возможны посадки абрикоса и вишни	Все плодовые, кроме зимних семечковых сортов	–
150–200	Возможны посадки абрикоса и вишни	Все породы косточковых и зимние сорта семечковых с ограничением объема крон	–
Склоны более 7° па любых породах, равнина и пологие склоны менее 7° с проницаемыми для воды породами			
0–20	Не пригодны к использованию		
20–40	Можно использовать под абрикос, черешню, сливу	Без орошения – абрикос и вишня, при орошении – все косточковые	Все плодовые насаждения
40–60	Можно использовать под абрикос и при орошении под персик, сливу, черешню	Без орошения – абрикос и вишня, при орошении – все косточковые	Все плодовые насаждения
60–100	Пригодны с орошением под косточковые и нетребовательные сорта яблонь	Без орошения – черешня, абрикос, слива, вишня, при орошении – все косточковые и устойчивые сорта яблонь	Все плодовые насаждения
100–150	Вес породы при орошении, без орошения – абрикос и вишня	Все плодовые насаждения	–
150–250	Без орошения – все плодовые породы с ограничением объема крон у семечковых сортов	Все плодовые насаждения	–

Для субтропиков России (Краснодарский край) установлена следующая оптимальная мощность (табл. 5.6):

Таблица 5.6

Нижняя граница оптимальной мощности почвенных горизонтов при Ку > 1 (Козин, 1993)

Породный состав	Оптимальная мощность почвенных горизонтов, см		
	Апах	В	Апах + В + С
Яблоня	30	70	100
Груша	30	70	100
Айва	30	70	100
Алыча	30	50	80
Слива	30	50	80
Персик	30	50	80
Фейхоа	30	50	80
Инжир	30	40	70
Хурма	30	60	90
Фундук	30	40	70
Мандарин	30	50	80
Лавр благородный	30	50	80
Виноград столовый	30	60	90

В Крыму оценка уровня плодородия почв различной мощности до плотных пород для садов и виноградников выполнена с учетом геологических особенностей подстилающих почвы образований (табл. 5.7).

Таблица 5.7

Группы почв по мощности почвенного профиля и корнеобитаемого слоя и их плодородие для многолетних насаждений (Кочкин)

Группы почв по глубине залегания обломочного слоя плотных пород	Плодородие, %	
	сады	виноградники
Плотные горные породы разного химического состава глубже 150 см	100	100
Бескарбонатные плотные породы (сланцы, песчаники, конгломераты) на глубине 100–150 см	50–100	100
Карбонатные плотные породы (известняки, мергели) с глубины 100–150 см	50–80	70-80
Бескарбонатные плотные породы с глубины 50–100 см	не пригодны	50
Карбонатные плотные породы с глубины 50–100 см	– ‖ –	50
Различные плотные породы с глубины 30–50 см	– ‖ –	–

Влагообеспеченность почвы зависит от объема воды, которую сможет накопить и удержать почвенная масса. Этот объем в первую очередь зависит от мощности рухлякового слоя, способного аккумулировать воду. Поэтому на почвах, имеющих ограниченную

мощность рухляковой толщи, растения испытывают угнетение. Для распространения корней просто может не хватить места. На маломощных почвах, даже при достаточном количестве атмосферных осадков, растения испытывают засуху. Безусловно, мало мощные почвы бедны и запасом питательных веществ, но этот дефицит легко устраняется применением удобрений.

На Северо-западном Кавказе проведены исследования, позволяющие оценивать уровень плодородия почв для многолетних насаждений в зависимости от мощности рухляковой толщи (табл. 5.8). Материалы также включают оценку переувлажненных (глеевых) почв и характер дренированности территорий с такими почвами.

Таблица 5.8

Оценка уровня плодородия почв для многолетних насаждений с различной мощностью рухляковой толщи (Вальков, Фиськов)

Уровень увлажнения почв	Мощность почвы и подпочвы, см	Сады		Виноградники	
		семечковые	косточковые	технические	столовые
Почвы умеренно-влажных условий с коэффициентом увлажнения от 0,6 до 1,0	Более 260	1,00	1,00	1,00	1,00
	240	1,00	1,00	1,00	1,00
	220	0,99	1,00	1,00	1,00
	200	0,98	1,00	1,00	1,00
	180	0,93	0,99	1,00	0,98
	160	0,88	0,98	0,98	0,96
	140	0,82	0,93	0,96	0,90
	120	0,73	0,82	0,90	0,88
	100	0,65	0,73	0,87	0,84
	80	0,53	0,65	0,80	0,77
	60	0,36	0,53	0,50	0,40
	40	0,15	0,36	0,10	0,10
	20	0,10	0,10	0,10	0,10
Почвы влажных условий с коэффициентом увлажнения более 1,0 без застойной верховодки	Более 110	1,00	1,00	–	–
	100	1,00	1,00	–	–
	90	0,98	1,00	–	–
	80	0,95	0,98	–	–
	70	0,90	0,95	–	–
	60	0,85	0,90	–	–
	50	0,75	0,85	–	–
	40	0,60	0,75	–	–
	30	0,30	0,40	–	–
	20	0,10	0,15	–	–

Для лугово-аллювиальных, лугово-черноземных, лугово-черноземовидных и других почв долин рек установлены группы садопригодности в зависимости от глубины залегания галечников, также указаны возможные пути использования почв. Рассчитанный уровень плодородия предусматривает различную ценность почв в зависимости от возможностей их использования (табл. 5.9).

Таблица 5.9

Уровень плодородия суглинистых и глинистых почв, подстилаемых галечником (по Неговелову)

Группы садопригодности	Средневлажные условия предгорий		Пригодность почв под сады и мелиоративные мероприятия	Влажные условия черноморского побережья, долины рек северных склонов Кавказа		Пригодность почв под сады и мелиоративные мероприятия
	Глубина галечника, см	Уровень плодородия		Глубина галечника, см	Уровень плодородия	
I	Более 170	1,00	Все плодовые культуры	Более 100	Менее 100	Все плодовые культуры. При глубине галечника более 100 см предпочтение необходимо отдавать сортам и подвоям, устойчивым к переувлажнению
	160	1,00		80–100	1,00	
	150	0,95		60–80	1,00	
	140	0,90		50–60	0,95	
II	130	0,83	Все плодовые культуры за исключением зимних сортов семечковых. При орошении – это почвы I группы	50–60	0,85	Все плодовые породы, кроме черешни. Необходимы меры по обеспечению поверхностного стока
	120	0,75		100–120	0,90–0,95	
III	110	0,68	Косточковые породы и летные сорта яблонь. При орошении – это почвы I группы	49	0,75	Яблони летних сортов, черешня, слива. Исключается черешня и яблоня типа Ренет Симиренко. Допустимы стойкие к недостатку кислорда сорта яблонь, слива, алыча, айва
	100	0,55		30	0,65	
	90	0,45		120–140	70–90	
IV	70	0,20	Под сады без орошения не пригодны. При орошении – это почвы II группы	Менее 30	0,65–0,19	Коротко живущие яблони на полукарликовых подвоях. На сильнорослых подвоях желательно орошение

5.2. Вода в почвах

Вода в почве как одна из систем почвенной массы находится в разных состояниях и неодинаково взаимодействует с другими системами почвы и окружающей среды.

Части воды, обладающие одинаковыми свойствами, получили название ***форм почвенной воды.***

Твердая вода (лед) является одним из источников жидкой и парообразной воды. Появление воды в форме льда зависит от климатических условий и может иметь сезонный или многолетний характер. Чаще всего многолетняя влага приурочена к вечной мерзлоте.

Химически связанная вода включает конституционную и кристаллизационную влагу.

Конституционная вода представлена гидроксильной группой OH в составе $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, органических и органоминеральных соединений, глинистых минералов. ***Кристаллизационная*** вода – это кристаллогидраты различных солей: гипс – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, мирабилит – $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, бишофит – $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, гидрофилит – $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ и т. д.

Парообразная вода содержится в почвенном воздухе в виде водяного пара. Почвенный воздух практически всегда близок к насыщению парами воды и незначительное понижение температуры приводит к конденсации влаги.

Физически связанная (сорбированная) вода представлена двумя формами: прочносвязанная и рыхлосвязанная влага.

Физически прочносвязанная (гигроскопическая) вода адсорбируется из водяных паров почвенного воздуха твердыми частицами почвы, главным образом илистой фракцией. Она прочно удерживается силами электростатического притяжения и для растений недоступна. В науке и практике чаще всего употребим термин «гигроскопическая влага».

Физически рыхлосвязанная (пленочная) вода представляет многомолекулярную пленку вокруг почвенных частиц, в углах их стыка и внутри тончайших пор. Эта вода находится как бы в вязкожидкой форме и ограниченно доступна для растений. Осмотическое давление внутриклеточного сока позволяет корневым волоскам всасывать пленочную воду. Но подвижность этой влаги крайне низкая, и поэтому растения расходуют запас влаги быстрее, чем он восстанавливается. При снижении влажности почвы до уровня рыхлосвязанной воды растения начинают вянуть и не в состоянии синтезировать органическое вещество.

Свободная вода наблюдается в двух формах: капиллярной и гравитационной.

Капиллярная вода находится в капиллярах или на стыках (точках соприкосновения) почвенных частиц. Удерживается в почве силами менискового сцепления. Это основная форма влаги, используемая растениями. Она может находиться в разобщенном, или неподвижном, состоянии (влага разрыва капилляров) или в капиллярно-подвижном, когда все капилляры заполнены. Капиллярная влага является продуктивной формой влаги в почвах.

Гравитационная вода – свободная форма воды в почве, передвигающаяся под действием сил тяжести. Занимает крупные поры в почве. Принимает участие в формировании уровня грунтовых вод. Гравитационная вода – явление временное. Длительное ее присутствие в почве вызывает процесс заболачивания.

Формы влаги не являются постоянными по количественному содержанию воды и изменяются в зависимости от уровня влажности почвы. В практике для оценки почв и для почвенно-гидрологических расчетов пользуются константными категориями, постоянными для каждой почвы и ее горизонтов.

Почвенно-гидрологическими константами *называют граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности и свойствах воды переходят в качественные.*

Максимальная гигроскопичность (МГ) – максимально возможное содержание в почве гигроскопической воды. Соответствует уровню влажности, когда почва полностью насыщена из атмосферы с относительной влажностью воздуха 94–99 %. Вода в состоянии максимальной гигроскопичности не доступна растениям. Это «мертвый запас влаги».

Влажность завядания растений (ВЗ), или коэффициент завядания – уровень влажности в почве, при котором начинается устойчивое завядание растений.

Влажность разрыва капилляров (ВРК). Вода при испарении передвигается в жидкой форме к испаряющей поверхности в пределах всей промоченной толщи по капиллярам, сплошь заполненным водой. При снижении влажности передвижение воды прекращается или резко затормаживается. Эта критическая величина влажности названа влажностью разрыва капиллярной связи (ВРК). При этом вода неподвижна, но физиологически доступна растениям.

ВРК называют также ***критической влажностью***, так как при влажности ниже ВРК рост растений замедляется и их продуктивность снижается.

Наименьшая или полевая влагоемкость (НВ) – максимально возможное количество влаги в почве, которое остается в ней после оттока гравитационной воды.

Обычная полевая влагоемкость – это влажность, при которой все капилляры почвы заполнены водой.

Влажность почвы, ее влагоемкость и константы выражают в процентах от массы почвы, или в процентах от объема, что удобно сопоставлять с объемом почвенных пор, учитывая, что плотность воды равна единице. Выражается влагоемкость также в $м^3$ на га. В данном случае ее удобно сопоставлять с нормами орошения. Кроме того, количество воды в почвах часто рассчитывают в мм, что дает возможность сравнивать количество почвенной влаги с атмосферными осадками и объемом воды на определенной площади (1 мм равен 10 $м^3$ воды на га).

А. А. Роде отмечал, что содержащаяся в почвах продуктивная влага в пределах от НВ до ВЗ неравноценна для растений в отношении ее доступности и эффективности для их роста и развития. Наибольшей доступностью отличается вода, находящаяся в пределах от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капилляров. Этот интервал для большинства растений характеризуется оптимальными условиями водообеспеченности. От влажности разрыва капилляров до влажности завядания наблюдается замедление роста. Интересна и другая экологическая особенность оптимума влажности: чем выше влажность почвы, тем меньше воды надо для создания органического вещества. При низкой влажности больше воды расходуется на создание биомассы, чем при высокой влажности. При ВЗ эффективность использования влаги равна нулю, так как она вся расходуется на транспирацию.

Общая оценка доступности различных форм воды для растений представлена в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Формы воды в почвах, их доступность и способ перемещения к корням (Неговелов, Вальков)

Доступность воды растениям	Подвижность и способ передвижения к корням
Продуктивная влага	
От полной влагоемкости (ПВ) до наименьшей влагоемкости (НВ)	
Легкодоступная гравитационная и избыточная при недостатке воздуха	Передвигается к корням свободно в жидком виде, может вытекать из почвы под влиянием силы тяжести
От наименьшей влагоемкости (НВ) до влажности разрыва капилляров (ВРК)	
Среднедоступная почвенная влага	Среднеподвижная, не течет, прочно удерживается почвой. Поступает к корням в основном по капиллярам и пленкам в жидком виде, может и в виде пара

Окончание табл. 5.10

Доступность воды растениям	Подвижность и способ передвижения к корням
От влажности разрыва капилляров (ВРК) до влажности завядания (ВЗ)	
Труднодоступная почвенная влага	Трудноподвижная, поступает к корням в форме пара, возможен и пленочный механизм передвижения воды
Непродуктивная влага	
От влажности завядания (ВЗ) до максимальной гигроскопичности (МГ)	
Недоступная или труднодоступная почвенная влага	Слабоподвижная, передвигается только в виде пара, частично поглощается корнями с большой сосущей силой
От максимальной гигроскопичности (МГ) до воды, связанной в кристаллических решетках минералов	
Недоступная растениям влага	Малоподвижная в виде пара и неподвижная влага

Почвенные растворы. В. И. Вернадский считал почвенные растворы одной из важнейших категорий природных вод, «основным субстратом жизни», «основным элементом механизма биосферы». Очень примечательно следующее высказывание В. И. Вернадского: «Любое проявление природной воды – глетчерный лед, почвенный раствор, гейзер, минеральный источник – составляют единое целое, прямо или косвенно, но глубоко связанные между собой». И. А. Соколов так образно определяет значимость почвенных растворов: «Почвенный раствор, как кровь в живом организме, все время движется и обеспечивает обмен веществ и энергией».

Почвенные растворы можно определить как жидкую фазу почв, включающую растворимые соли, органо-минеральные, органические соединения, газы и тончайшие коллоидные золи – таково определение В. А. Ковды в его фундаментальном обобщающем труде «Основы учения о почвах» (1973).

Необходимо различать три типа почвенных растворов:

1. *Почвенный раствор продуктивной влаги*. Это вода свободная, наполняющая капиллярные промежутки и пространства между агрегатами. Объем почвенного раствора равен объему воды на уровне продуктивной влаги, т. е. в пределах от влажности завядания до наименьшей влагоемкости. Практически важнейшие экологические функции плодородия почв связаны именно с почвенным раствором продуктивной влаги. Этот раствор обеспечивает регулярное биологическое снабжение организмов, в первую очередь растительных, водой и элементами питания.
2. *Почвенный раствор гравитационной воды* в незаболоченных почвах – явление временное. Занимает крупные поры, фильтруясь в грунтовые воды. Концентрация веществ в этом

растворе невелика и близка к воде родников конкретной местности или в самом приближенном случае к воде колодцев, т. е. грунтовых вод первого уровня. Мягкие воды северных территорий нашей страны резко контрастны жестким водам южных регионов. Растворы гравитационной влаги возникают в любой почве. Их количество определяется в автоморфных почвах притоком атмосферных осадков. Важно подчеркнуть, что именно растворы гравитационной влаги определяют генетическую сущность вещественного режима почв. Они выполняют профильно-генетические функции дифференциации профиля путем перемещения почвенных масс. Количественно-качественная сущность дифференциации по элювиальному, элювиально-иллювиальному типам зависит от водного режима, промывного, периодически промывного, непромывного, будь то лесные почвы, черноземы или каштановые почвы. Направленность миграции почвенных растворов создает определенный тип строения почвенного профиля. Например, горизонтальные миграции гравитационных растворов в горных условиях Кавказа формируют бурые лесные почвы тотального элювиирования без элювиально-иллювиальной дифференциации минеральной массы. В равнинных условиях при вертикальной миграции типично элювиально-иллювиальное строение профиля. Боковой приток растворов со склонов может формировать на выровненных террасах латеритные образования, например на приморских равнинах Западной Кубы или на II надпойменной террасе р. Мзымта в Краснодарском крае.

3. *Почвенный раствор недоступной растениям влаги*, т. е. физически прочносвязанной с твердыми частицами почвы. Эта часть почвенных растворов наименее изучена из-за сложности ее извлечения из почвенной массы.

Выделение из почвы разных типов почвенных растворов имеет свои особенности. Гравитационная вода выделяется из почвы очень легко. Это стекающая влага, лизиметрическая, без применения давления. Почвенный раствор продуктивной влаги на уровне заполнения крупных капилляров для выделения требует применения давления 20–50 кг/см^2. Наибольшие трудности возникают при исследовании почвенных растворов недоступной растениям воды. Выделение пленочной воды (максимальная молекулярная влагоемкость) требует давления 500–1000 кг/см^2, а вода, близкая к максимальной гигроскопичности, может быть

извлечена применением особо высокого давления, порядка 7000–10000 кг/см^2. Типично общее правило: чем больше в почвах воды, тем легче ее выделение. И, конечно, по мере утяжеления гранулометрического состава трудности извлечения почвенных растворов возрастают. Необходимо иметь в виду некоторую условность границ различных типов почвенных растворов, как и границ различных форм влажности.

Подводя ретроспективные итоги исследований почвенных растворов и обобщая современное состояние вопроса, можно подчеркнуть следующие основные закономерности:

1. Формирование почвенных растворов – генетический процесс, в котором участвуют все компоненты биогеоценоза и ландшафта в целом: атмосферные осадки и газы, абиотические компоненты почвы и почвообразующей породы, живое вещество в его многогранном проявлении и в постбиологических циклах превращения. Несомненно участие в конкретных условиях грунтовых вод, верховодки, поверхностных вод с соответствующим минеральным и биологическим накоплением атмосферной пыли и веществ естественного и антропогенного происхождения. Полифакторность – существенная черта почвенных растворов.
2. Почвенный раствор как самостоятельная система и как часть более сложной почвенной системы взаимосвязан с другими окружающими системами обменом веществ и энергии, что определяет его роль в формировании и поддержании актуального (предклимаксного, климаксного и др.) состояния всей окружающей природной обстановки, от функционирования биоценозов до формирования ландшафтной гидросферы и коры выветривания.
3. Почвенный раствор поликомпонентен. В его состав входят минеральные, органические и органо-минеральные вещества, а также газообразные соединения и микроорганизмы, соответствующие экологии раствора конкретной почвы. Формы соединений – истинные молекулярные и ионные растворы и коллоидные золи. Важнейшие катионы: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, NH_4^{+}, H^{+}, Al^{3+}, Fe^{2+}. Среди анионов преобладают HCO_3^{-}, CO_3^{2-}, NO_3^{-}, NO_2^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^{-}$, HPO_4^{2-}. Среди коллоидов типичны золи кремнекислоты, полуторных окислов железа и алюминия, гумусовых и низкомолекулярных органических веществ. Железо, алюминий и многие микроэлементы (Cu, Ni, V, Cr и др.) в почвенных растворах преобладают в виде

комплексных органо-минеральных соединений. Состав микрофлоры растворов не изучен.

4. Почвенные растворы адекватно отражают географо-генетические особенности конкретных почв или каждому типу почвообразования свойственен свой тип почвенного раствора в его количественно-качественных индивидуальностях: кислотно-фульватный в подзолистых почвах, щелочно-фульватный в солонцах, гидрокарбонатнокальциевый в черноземах, хлоридно-сульфатный в солончаках и т. д. Эта часть раздела почвоведения наиболее изучена и подробно трактуется во всех учебниках, хотя без конкретизации способов получения интерпретируемых данных и отнесения к конкретному типу почвенного раствора.
5. Типична высокая динамичность концентраций почвенного раствора, связанная с изменениями влажности почв, температуры, интенсивности метаболизма биоты. Каждый почвенный тип отличается своей специфичностью качественно-количественной динамики почвенного раствора. Концентрация растворов неоднозначна в каждый момент исследования в силу ее многофункциональной зависимости от различных факторов. Состав растворов постоянно меняется в зависимости от интенсивности поглощения веществ биотой по сезонам, по суточным флуктуациям биологической активности, по фазам развития растений, по погодным условиям и т. д. Архесложная задача познания растворов в условиях твердых констант влажности (наименьшая влагоемкость, влажность разрыва капилляров, влажность завядания), а также по сезонам и циклам развития растений. Пока известна только великолепная стандартизация растворов по анализам водной вытяжки, правда, весьма далекая от эколого-генетической истины.
6. Характерна пространственная неоднородность почвенных растворов: в каждой точке количественно-качественные характеристики неоднозначны, будь то зона корневых волосков растений, межпоровое пространство, поверхность твердой илистой или песчаной частицы и др. Ведущим критерием изменчивости являются физические свойства конкретной исследуемой почвы. Содержание отдельных компонентов почвенного раствора существенно изменяется также по генетическим горизонтам одного и того же типа почв. Максимум органических веществ находится в почвенном растворе ор-

ганогенных и гумусовых горизонтов. Вниз по профилю почв количество органических веществ резко падает в результате их закрепления и минерализации в верхних горизонтах.

7. Многие почвенные характеристики и свойства так или иначе связаны с почвенными растворами: реакция среды, окислительно-восстановительный потенциал, буферность, поглотительная способность, теплоемкость и т. д. Однако практикуется тенденция рассмотрения и анализа этих явлений или как самостоятельных, или как свойств почвенного раствора, или как особенностей твердой фазы, хотя объективно – все это системное единство почвенной массы.
8. Особо необходимо подчеркнуть экосистемную значимость почвенных растворов в экогенезе. И. А. Соколов (2004) отмечает: «Почвенный раствор... определяет глобальный процесс перераспределения веществ в экосфере. Вещества, содержащиеся в почвенном растворе, поступают в грунтовые воды, выносятся в глубокие слои литосферы, сносятся в понижения рельефа, концентрируются на геохимических барьерах, образуя залежи полезных ископаемых, выносятся в конечные водоемы стока».

Отношение растений к почвенной влаге. Наземные растения системой своих побегов постоянно расходуют воду на испарение и транспирацию. Эта вода извлекается корнями растений из почвы. Растения потребляют значительное количество воды на жизненные процессы, рост, образование тканей. Физиологи определяют расход воды транспирационными коэффициентами, которые представляют количество воды в граммах, необходимое на синтез 1 г сухого вещества. Эти коэффициенты неодинаковы для различных растений (табл. 5.11). Для сельскохозяйственных растений они изменяются в пределах 300–700, но иногда могут опускаться до 100 и возрастать до 2000.

Таблица 5.11

Средний расход воды на образование 1 г сухого вещества (Шеуджен, Онищенко, Столяров и др., 2004)

Растения	Расход, г	Растения	Расход, г
Рис	300–550	Картофель	330–640
Сахарная свекла	300–420	Капуста	450–550
Овес	440–880	Огурец	355–750
Пшеница	350–650	Конские бобы	600–800
Ячмень	370–520	Кукуруза	189–400
Рапс	600–800	Просо	350–450
Фасоль	600–850	Соя	550–900
Клевер	500–760	горох	600–800

Расход воды на транспирацию зависит от обеспеченности растения питательными веществами, агрофизического состояния почвы, влажности воздуха и содержания воды в почве. Благоприятные экологические условия снижают величины транспирационных коэффициентов. Практически единственный источник снабжения растений водой – почвенная влага.

Растения чувствительны как к недостатку влаги в почвах, так и к ее избытку. При недостатке влаги падает тургорное давление клеток, теряется их эластичность, резко снижается динамика всех биохимических процессов, сокращается поглощение углекислоты через устьица, в биомассе накапливаются вещества-ингибиторы – все это приводит к падению биологической продуктивности или к полной гибели растений.

При избытке влаги у растений нарушается кислородный обмен растения, а в почвах накапливаются ядовитые закисные соединения. Для большинства сельскохозяйственных растений содержание воздуха в почве, обеспечивающее хорошие условия для роста и развития, а также надлежащий газообмен между почвой и атмосферой, равно 20–40 % от порозности. Это обеспечивается уровнем влажности почвы, равной 60–80 % от наименьшей (полевой) влагоемкости.

Важнейшей экологической характеристикой почвы является влажность устойчивого завядания или влажность завядания (ВЗ). Она характеризуется коэффициентом завядания. Его величина зависит от количества в почвах коллоидов и глинистых минералов. Почвы, богатые гумусом и тяжелые по механическому составу, отличаются более высокими значениями влажности, при которых растения начинают завядать, чем почвы песчаные и супесчаные (табл. 5.12).

Для почвоведения характерны такие парадоксы: сухая почва, находящаяся в комнате, содержит влагу. Например, в образце чернозема весом 1 кг количество воды достигает 50–60 г (5–6 % гигроскопической воды). А влажная почва слитого чернозема, содержащая в 1 кг 200 г воды, физиологически является сухой, так как эта вода прочно связана и недоступна для растений.

Таблица 5.12

Влажность устойчивого завядания для различных почв и растений

Растения	Влажность завядания, %	
	чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	подзолистая супесчаная почва
Огурцы	16,50	3,87
Лен	15,16	4,08
Пшеница	14,20	2,52
Солерос	14,13	3,98

Различные растения начинают завядать при различной влажности, т. е. влажность завядания зависит не только от свойств почвы, но и от вида растений. Всасывающая способность корней определяет уровень нижней границы доступной влаги. Растения ксерофиты начинают завядать при более низких значениях влажности почвы. Влажность завядания служит нижней границей продуктивной влаги. Ее определяют, используют величины максимальной гигроскопичности:

$$ВЗ = к \cdot МГ,$$

где МГ – максимальная гигроскопичность;

к – коэффициент завядания, зависящий от растения и типа почвы. В среднем к = 1,50 для тяжелых почв и 1,25 – для легких.

Неодинаковое отношение растений к влажности завядания иллюстрирует табл. 5.13, которая составлена по материалам многих авторов (Акопян, Бушин, Девятов, Габриэлян, Неговелов и др.).

Таблица 5.13

Влажность завядания различных сельскохозяйственных культур определяемая по МГ (ВЗ = к · МГ)

1,0–1,2 МГ	1,2–1,4 МГ	1,4–1,6 МГ	1,6–1,8 МГ
Виноград	Сорго	Груша	Подсолнечник
Маш	Яблоня лесная	Вишня	Смородина
Сорго	Яблоня	Черешня	Чай
	Айва	Слива	Огурцы
	Суданская трава	Алыча	Картофель
	Донник	Лен	Овес
	Люцерна	Пшеница	Кукуруза
	Житняк	Ячмень	Гречиха
		Просо	Соя
			Мята перечная

Экологический оптимум влажности почвы для нормального роста и развития неодинаков у разных групп растений. Например, для чайного куста оптимальная влажность составляет 80–90 % от НВ. При влажности менее 80 % начинается замедление роста. А маш для оптимального роста требует только 50 % от НВ. Обобщающие данные по оптимальной влажности для различных растений приведены в табл. 5.14 (Букин, Веремейчик, Кирюхин, Кучеров, Сулганов и др.).

Таблица 5.14

Оптимум влажности почвы для различных растений

Содержание воды в почве, % от полевой влагоемкости				
более 100	100–80	80–70	70–60	менее 60
Рис	Мандарин Фейхоа Чай Мята перечная Огурцы	Картофель Гречиха Смородина Горох Капуста Клевер Овес Кукуруза Соя Конопля	Свекла Люцерна Пшеница Рожь Ячмень Хлопчатник Подсолнечник Виноград	Тамарикс Люцерна Маш

Неодинакова длительность выживания различных растений в условиях переувлажнения или затопления. В табл. 5.15 отражена устойчивость различных растений к затоплению.

Таблица 5.15

Относительная устойчивость растений к затоплению

Неустойчивые	Слабоустойчивые	Устойчивые
Люцерна Фасоль Клевер Донник белый Овес Персик Картофель Томат	Яблоня Костер Хлопчатник Овсянница луговая Ежа сборная Слива Рожь Пшеница	Канареечник Овсянница высокая Груша Рис Клевер гибридный

Для сельскохозяйственной оценки весенней поемности В. И. Шраг предложил следующую градацию:

- *короткая поемность* – срок стояния полых вод до 7 дней. Позволяет возделывать большинство культур, принятых для данной зоны;
- *средняя поемность* – со стоянием воды от 7 до 15 дней. Исключает озимые культуры. Благоприятна для естественных и сеяных трав и большинства плодовых насаждений;
- *продолжительная поемность* – от 15 до 30 дней. Исключает полевые сельскохозяйственные культуры и плодовые. Благоприятна не для всех трав;
- *очень продолжительная поемность* – состоянием полых вод более 30 дней. Способствует заболачиванию территории и развитию болотных травянистых группировок.

Временное переувлажнение может переноситься растениями без ущерба для их биологической продуктивности. С. П. Воронова при-

водит ориентировочные придержки для трав. Продолжительность весеннего затопления, переносимая без ущерба, составляет (дни):

Донник белый 9–12
Люцерна средняя 10–14
Житняк гребневидный 10–17
Костер безостый 24–28
Пырей мелкоцветковый 31–35
Овсяница луговая 21–25
Тимофеевка луговая ..... Более 40
Канареечник тростниковидный ..... Более 40

Высокое стояние грунтовых вод в весенний период и даже их выход на дневную поверхность не причиняет существенного вреда и многолетним насаждениям.

Важной характеристикой водных свойств почвы является ее водопроницаемость. ***Водопроницаемость*** – способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водонепроницаемости – впитывание и фильтрацию. Если поры почвы лишь частично заполнены водой, то при поступлении воды наблюдается ее впитывание в толщу почвогрунта; когда почвенные поры полностью насыщены водой, происходит фильтрация воды, т. е. движение в условиях сплошного потока жидкости.

Водопроницаемость зависит от пористости почв, их гранулометрического состава, структурного состояния. Пески быстро фильтруют воду, а глины медленно. Структурный глинистый чернозем хорошо водопроницаем, а глыбистый бесструктурный солонец практически является водоупором.

Н. А. Качинским предложена градация почв по водопроницаемости. Если почва пропускает за час 1000 мм воды, водопроницаемость считается провальной; от 1000 до 500 мм – излишне высокой; от 500 до 100 – наилучшей; от 100 до 70 – хорошей; от 70 до 30 – удовлетворительной; менее 30 мм – неудовлетворительной.

Очень удобно сравнивать водопроницаемость почвы с интенсивностью дождя (табл. 5.16).

Таблица 5.16

Оценка водопроницаемости почв по интенсивности дождя (Долгов, Житкова)

Коэффициент впитывания воды, мм/мин	Оценка дождя	Качественная оценка водопроницаемости почвы
Свыше 2,0	Сильные ливни	Очень высокая
Свыше 0,5	Ливни	Высокая
От 0,5 до 0,1	Сильные дожди	Повышенная
От 0,1 до 0,02	Умеренные дожди	Средняя
От 0,02 до 0,005	Легкие дожди	Пониженная

Окончание табл. 5.16

Коэффициент впитывания воды, мм/мин	Оценка дождя	Качественная оценка водопроницаемости почвы
Меньше 0,005	Моросящие дожди	Низкая
Меньше 0,001	–	Очень низкая

5.3. Газовая фаза и аэрация почв

Газовая фаза почв, или почвенный воздух, – это смесь газообразных веществ, занимающая поровые пространства почвы, находящиеся в свободном, водорастворимом или адсорбированном состоянии.

Газы почвенного воздуха находятся в нескольких физических состояниях: собственно почвенный воздух – свободный и защемленный, адсорбированные и растворенные газы.

Свободный почвенный воздух – это смесь газов и летучих органических соединений, свободно перемещающихся по системам почвенных поровых пространств и сообщающийся с воздухом атмосферы. Его объем в воздушно-сухой почве соответствует ее порозности. При увлажнении почвы количество воздуха уменьшается пропорционально насыщению влагой. При полной влагоемкости почвы газовая фаза присутствует только в водорастворимом состоянии.

Адсорбированный почвенный воздух – газы и летучие органические соединения, адсорбированные почвенными частицами на их поверхности. Чем более дисперсна почва, тем больше содержит она адсорбированных газов при данной температуре. Количество сорбированного воздуха зависит от минералогического состава почв, от содержания органического вещества, влажности.

Защемленный почвенный воздух – воздух, находящийся в порах, со всех сторон изолированных водными пробками. Чем более тонкодисперсна почвенная масса и компактней ее упаковка, тем большее количество защемленного воздуха она может иметь. В суглинистых почвах содержание защемленного воздуха достигает более 12 % от общего объема почвы, или более четвертой части всего ее порового пространства.

Растворенный воздух – газы, растворенные в почвенной воде. Растворенный воздух ограниченно участвует в аэрации почвы, так как диффузия газов в водной среде затруднена.

Пористость почвы – величины динамичные, конкретно индивидуальные и генетически присущие тем или иным почвам. Однако

общим для всех почв является закономерность: чем выше плотность почвы, тем меньше ее порозность и наоборот. Так, плотность чернозема типичного, а соответственно его пористость, мало изменчивы в естественном состоянии. Плотность же чернозема слитого и его порозность изменяется в широких пределах, от плотности 1,40 и порозности 48 % во влажном состоянии, до плотности 1,95 и порозности 26 % в сухом состоянии. Высокое содержание в почвах сильно набухающих минералов типа монтмориллонита делают их весьма динамичными в отношении порозности.

Из всех компонентов почвы воздушная фаза – наиболее динамичная по объему и соотношению формирующих ее газов. Главные по массе – это N_2, O_2 и CO_2, а также вода. Примерное их содержание в сравнении с атмосферой (% от объема):

Газы	Атмосфера	Газовая фаза почвы
N_2	78	78–86
O_2	21	10–20
CO_2	0,03	0,1–15
H_2O по относительной влажности	менее 95 (30-99)	более 95

Почвенный воздух имеет почти такое же количество азота, как и атмосфера Земли. Непостоянно количество кислорода и диоксида углерода.

Высокую динамичность содержания в воздухе кислорода и диоксида углерода иллюстрирует табл. 5.17.

Таблица 5.17

Пределы изменения содержания O_2 и CO_2 в почвенном воздухе в течение года (Зборищук)

Почва	O_2, %	CO_2, %
Иловато-болотная	11,9–19,4	1,1–8,0
Торфяно-глеевая	13,5–19,5	0,8–4,5
Дерново-подзолистая	18,9–20,4	0,2–1,0
Серая лесная	19,2–21,0	0,2–0,6
Чернозем обыкновенный	19,5–20,8	0,3–0,8
Чернозем южный	19,5–20,9	0,05–0,6
Каштановая	19,8–20,9	0,05–0,5
Серозем	20,1–21,0	0,05–0,3

Вода, как неизменный компонент в почвенном воздухе, всегда находится на гране конденсации и ее переход в капельно-жидкое состояние возможен при относительно небольших снижениях температур.

В незначительных количествах в почвенном воздухе присутствуют также компоненты, как N_2O, NO_2, CO, различные углеводороды (этилен, ацетилен, метан), сероводород, аммиак, эфиры и др.

Главные свойства воздушной фазы почв: воздухоемкость, воздухопроницаемость и высокая динамичность воздухообмена и качественного состава.

Воздухоемкость – та часть объема почвы, которая занята воздухом данной влажности. Различают *полную или потенциальную воздухоемкость*, которая свойственна сухим почвам. Она соответствует пористости (порозности) почв и на прямую зависит от плотности почвы. *Актуальная воздухоемкость* – это содержание воздуха в почве в каждый конкретный момент при том или ином уровне увлажнения. Таким образом, воздухосодержание (P_B) определяется:

$P_B = P_{общ}$, где $P_{общ}$ – порозность почвы; P_W – влажность почвы. Все величины выражаются в % от объема.

Вода и воздух в почвах антагонисты: чем больше воды в почве, тем меньше воздуха. Оптимальная экологическая гармония для большинства растений – вода и воздух должны содержаться в равных по объему количествах, что соответствует влажности почвы по уровню 60 % от ПВ.

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать через себя воздух. Воздухопроницаемость – непременное условие газообмена между почвой и атмосферным воздухом. Чем она полнее выражена, тем лучше газообмен, тем больше в почвенном воздухе содержится кислорода и меньше углекислого газа. Постоянно протекающий процесс обмена почвенного воздуха с атмосферным называется аэрацией почвы.

При постоянной влажности почвы аэрация зависит от диффузии и изменения температуры и барометрического давления.

Диффузия – перемещение газов в соответствии с их парциальным давлением. Поскольку в почвенном воздухе кислорода меньше, а углекислого газа больше, чем в атмосфере, то под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления кислорода в почву и выделения CO_2 в атмосферу.

Изменение температуры и барометрического давления также обусловливает газообмен, потому что происходит сжатие или расширение почвенного воздуха.

При известной значимости в аэрации почвы диффузии и физического изменения объема воздушной массы важным фактором аэрации следует признать постоянную изменяемость воздухоемкости почвы, а это в первую очередь связано с динамикой влажности. Увлажнение почвы осадками или орошением, испарение воды, транспирация ее растениями – факторы постоянного газообмена почвы и атмосферы. С влажностью почвы также связано изменение поровых пространств при набухании и усадке твердой фазы почвы.

При аэрации почвы постоянна тенденция уравнивания вещественного состава воздуха почвы и атмосферы. Но равновесие всегда нарушается в сторону накопления продуктов жизнедеятельности организмов и тем в большей степени, чем выше биологическая активность. В связи с этим различают суточную и сезонную динамику почвенного воздуха.

Суточная динамика определяется суточным ходом атмосферного давления, температур, освещенности, изменениями скорости фотосинтеза. Эти параметры контролируют интенсивность диффузии, дыхание корней, микробиологическую активность.

Суточные колебания состава почвенного воздуха затрагивают лишь верхнюю полуметровую толщу почвы. Амплитуда этих изменений для кислорода и диоксида углерода невелика. Наиболее существенно в течение суток изменяется интенсивность почвенного дыхания.

Сезонная (годовая) динамика определяется годовым ходом атмосферного давления, температур и осадков и тесно связанными с ними вегетационными ритмами развития растительности и микробиологической деятельности. Годовой воздушный режим включает в себя динамику воздухозапасов, воздухопроницаемости, состава почвенного воздуха, растворения и сорбции газов, почвенного дыхания.

Сезонная динамика состава почвенного воздуха отражает биологические ритмы. Концентрация диоксида углерода имеет в верхней толще четко выраженный максимум в период наивысшей биологической активности. В это время происходит насыщение почвенной толщи углекислотой. По мере затухания биологической деятельности происходит отток CO_2 за пределы почвенного профиля. Концентрации кислорода имеют обратную зависимость.

Воздушная фаза – важная и наиболее мобильная составная часть почв, изменчивость которой отражает биологические и биохимические ритмы почвообразования. Количество и состав поч-

венного воздуха оказывают существенное влияние на развитие и функционирование растений и микроорганизмов, на растворимость и миграцию химических соединений в почвенном профиле, на интенсивность и направленность почвенных процессов. Кроме того, почва является поглотителем, сорбирующим токсичные промышленные выбросы газов и очищающим атмосферу от техногенного загрязнения.

Воздействие ***кислорода*** на жизнь растений проявляется в актах дыхания. При недостатке O_2 дыхание ослабляется, что уменьшает метаболическую активность и в конечном итоге снижает их урожай. Повышение аэрации почвы способствует лучшему развитию корней, более интенсивному поглощению питательных веществ растениями, усилению их роста и увеличению урожая при достаточном количестве почвенной воды. При отсутствии свободного кислорода в почве развитие растений прекращается. Оптимальные условия для них создаются при содержании кислорода в почвенном воздухе около 20 %.

При недостатке O_2 в почве создается низкий окислительно-восстановительный потенциал, развиваются анаэробные процессы с образованием токсичных для растений соединений, снижается содержание доступных питательных веществ, ухудшаются физические свойства, что в совокупности снижает плодородие почвы.

Большая часть ***углекислого газа*** почвенного воздуха образуется в процессах работы макро- и микроорганизмов, причем около 30 % за счет дыхания корней высших растений и около 65 % – при разложении органических остатков микроорганизмами. Избыток углекислоты угнетает развитие корней и прорастание семян. Однако современная концентрация CO_2 в атмосферном воздухе не вполне достаточна для потенциальной возможности биологической продуктивности зеленого листа (Ковда). Следует помнить, CO_2 в исключительных концентрациях – быстродействующий яд и при почвенных исследованиях разрезы, особенно в болотных почвах, должны быть хорошо проветриваемые, так как CO_2 как тяжелый газ воздуха склонен к накоплению в понижениях.

Существует высокоинформативный показатель биологической активности почв, так называемое «дыхание почв», которое характеризуется скоростью выделения CO_2 за единицу времени с единицы поверхности. Интенсивность «дыхания почв» колеблется от 0,01 до 1,5 г/м^2/ч и зависит не только от почвенных и погодных условий, но и от физиологических особенностей растительных и микробиологических ассоциаций, фенофазы, густоты раститель-

ного покрова. «Почвенное дыхание» характеризует биологическую активность экосистемы в каждый конкретный период времени. Сравнительный уровень плодородия почв, фиксируемый при определении «дыхания» по выделению CO_2, производят в оптимально насыщенной влагой почвенной массе (60 % от наименьшей влагоемкости). Различия в уровнях могут изменяться в широких пределах (10–100 %) при анализе генетически отдаленных и антропогенно измененных почв.

Оценивать воздухоемкость почв и ее экологическую значимость необходимо всегда в комплексе с другими характеристиками почвы, от которых напрямую зависит объем воздуха. Об этом свидетельствуют расчетные данные табл. 5.18, полученные на основе полевых наблюдений.

Таблица 5.18

Состояние корневой системы яблони в почвах различного гранулометрического состава и плотности (г/см^3) при насыщении их влагой до наименьшей влагоемкости, а также содержание при этом продуктивной влаги, в том числе труднодоступной, при соответствующем объеме воздуха (по Неговелову и Валькову)

Легкий суглинок	Средний суглинок	Тяжелый суглинок	Глина	Тяжелая глина
Влажность завядания, %:				
7,0	11,0	15,0	18,0	22,0
При этом наблюдается хорошее развитие корневой системы, продуктивной влаги 16 %, в том числе труднодоступной 8 %, объем воздуха в почве 14 %, когда плотность почвы составляет:				
1,59	1,46	1,34	1,25	1,19
Снижение густоты корней в почве, продуктивной влаги 16 %, в том числе труднодоступной 8 %, объем воздуха 8 % при плотности:				
1,50	1,58	1,46	1,38	1,29–1,36
Ограниченной проникновение корней из-за плотности почвы и недостатка кислорода, продуктивной влаги 16 %, в том числе труднодоступной 8 %, объем воздуха 4 % при плотности:				
1,73	1,66	1,53–1,57	1,45–1,53	1,40–1,43
Проникновение корней встречает значительное физическое сопротивление, продуктивной влаги 15 %, в том числе труднодоступной 8–10 %, объем воздуха 3 % при плотности:				
1,81	1,71-1,75	1,61	1,60	1,59
Почва не преодолима для корней, продуктивной влаги 5–15 %, в том числе труднодоступной 5–9 %, объем воздуха 3 % при плотности:				
–	1,83–1,90	1,69–1,91	1,66	1,70

5.4. Структура почв

Почвенные горизонты состоят из агрегатов или структурных отдельностей определенной формы и размеров. Структурные агрегаты сформированы из механических элементов фракций пыли

или ила. Они удерживаются в сцепленном виде в результате коагуляции коллоидов, склеивания, слипания, остаточных валентностей и водородных связей, адсорбционных и капиллярных явлений в жидкой фазе, а также с помощью корневых тяжей, грифов грибов и слизи микроорганизмов. Песчаные фракции механических элементов могут присутствовать в составе агрегатов. Однако, чем больше крупных фракций механических элементов, тем меньше вероятность структурной агрегированности почв. Песчаные и супесчаные почвы, как правило, бесструктурны, а оструктуривание почв начинается проявляться с легкосуглинистых почв и достигает своего максимального проявления в глинистых.

Агрегаты различают по форме и размерам. В почвоведении применяется детальная классификация структурных отдельностей, разработанная С. А. Захаровым. В обобщенном виде выделяют структурные агрегаты:

- по форме – кубовидные (зернистые, комковатые, глыбистые), призмовидные и плитовидные;
- по размерам (мм) – микроагрегаты (< 0,25), мезоагрегаты (0,25–7) и макроагрегаты (> 7).

Каждая полноразвитая почва характеризуется типичной для этой почвы структурным сложением, которое сформировалось в определенных экологических условиях генезиса ландшафтов и почв как их компонента. Так, с большой достоверностью можно сказать, что в природе не существуют бесструктурные почвы, разве что только среди песков.

Кроме морфолого-генетического понимания структуры существует агрономическое (агрофизическое) понимание структурных и бесструктурных почв. *В агрономическом смысле почва считается структурной, если в ее составе преобладают агрономически ценные мезоагрегаты, т. е. отдельности размером от 0,25 до 7 (10) мм.* Иные почвы считаются бесструктурными.

В значительной степени экологическая оценка почв определяется их структурным состоянием и в первую очередь количеством и качеством зернистой и мелкокомковатой структуры. Эти агрегаты создают среду экологически гармоничного соотношения в почвенной массе воды и воздуха. При влажности на уровне наименьшей влагоемкости вода занимает 60, а воздух 40 % объема почвы. Условия оптимальны для развития корневых систем растений и почвообитающих животных. Успешно развиваются аэробные микроорганизмы в межагрегатной среде и на поверхности агрегатов, а анаэробные формы – в массе самих агрегатов.

В почвах с зернистой комковатой структурой резко сокращается расход влаги на непродуктивное испарение, повышается устойчивость к водной эрозии и дефляции. При обработке требуются меньшие затраты труда, создаются условия для прорастания семян, роста и развития возделываемых растений.

При оценке структурного состояния важно, чтобы агрегаты были водопрочными, долговечно устойчивыми, что обеспечивает стабильность экологической ситуации. Разрушение структуры может происходить только при резком изменении условий внешней среды: механические воздействия (машинная деградация, пастбищная нагрузка), изменение физико-химической обстановки (осолонцевание, содовое засоление и др.). Практически оценка структурного состояния приведена в табл. 5.19, 5.20.

Таблица 5.19

Оценка структуры и сложения пахотного слоя почв (по Кузнецову)

Содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм, %	Оценка	
	водопрочности структуры	устойчивости сложения по структуре
Менее 10	Неводопрочная	Неустойчивое
10–20	Неудовлетворительная	
20–30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое
30–40	Удовлетворительная	
40–60	Хорошая	Устойчивое
60–75 (80)	Отличная	Высокоустойчивое
Более 75 (80)	Избыточно высокая	

Таблица 5.20

Шкала для оценки структурного состояния почвы (система Росгипрозема)

Содержание агрегатов размером 0,25–10 мм к весу, %		Оценка структурного состояния
воздушно-сухих	водопрочных	
80	70	Отличное
80–60	70–55	Хорошее
60–40	55–40	Удовлетворительное
40–20	40–20	Неудовлетворительное
20	20	Плохое

5.5. Плотность почв

Плотность почв относят к общим физическим свойствам. Различают плотность твердой фазы почвы и собственно плотность почвы.

Плотность твердой фазы[3] – средняя плотность почвенных частиц – масса сухого вещества почвы *(M) в* единице его истинного объема *(V_s),* т. е. в единице объема твердой фазы почвы, выраженная в г/см^3 или т/м^3:

$$d = M/V_s.$$

Различные типы почв имеют неодинаковую плотность твердой фазы. Ее величина для минеральных почв колеблется от 2,4 до 2,8 г/см^3 и зависит от минералогического состава почвы и содержания органических компонентов. Типична следующая закономерность: чем больше в почвах органических веществ, тем ниже их плотность, и чем больше в почвах минералов окислов железа, тем выше плотность твердой фазы.

Плотность почвы[4] – масса сухого вещества почвы *(M) в* единице ее объема ненарушенного естественного сложения *(V),* выраженная в г/см^3 или т/м^3:

$$d_v = M/V.$$

Неблагоприятный для растений водно-воздушный режим почв тесно связан с их плотностью. Плотность почвы определяет соотношение между твердой, жидкой и газообразной фазами. Величины ее связаны со структурным состоянием почвы. В то же время плотность является показателем, который можно учесть сравнительно просто, поэтому ее используют как основной количественный показатель оценки качества почвы со стороны ее физических свойств.

Различают плотность сухой почвы и плотность при естественном увлажнении. Однако расчет всегда ведется на сухую почву. При определении плотности почвы важно указание на влажность, так как разноувлажненные почвы имеют неодинаковую плотность, которая зависит от содержащихся в почве набухающих минералов (В. И. Морозов). Так, плотность сухого образца слитозема оставляет около 2,00, а влажного на уровне нулевой воздухоемкости 1,45 кг/дм^3.

---

[3] Синоним – удельный вес почвы (уст.).

[4] Синонимы – объемный вес почвы, объемная масса почвы (уст.).

Растения неодинаково реагируют на плотность профиля. Выделяются культуры генетически приспособленные только к рыхлым почвам: черешня, яблоня, виноград, абрикос, картофель и другие клубнеплоды, овощные культуры и др. Растения хорошо приспособленные к повышенной плотности почвенного профиля на всю глубину корнеобитаемой толщи: люцерна, подсолнечник, кукуруза, слива, вишня, рис и др.

Визуальная оценка сложения проводится по плотности и пористости почв, оцениваемые в сухом состоянии.

По **плотности** почв различают:

Слитое (очень плотное) сложение – лопата или нож при сильном ударе входят в почву на незначительную глубину, не более 1 см; характерно для слитых черноземов, иллювиальных горизонтов солонцов.

Плотное сложение – лопата или нож при большом усилии входят в почву на глубину 4–5 см и почва с трудом разламывается руками; типично для иллювиальных горизонтов суглинистых и глинистых почв.

Рыхлое сложение – лопата или нож легко входят в почву, почва легко разламывается руками, хорошо оструктурена, но структурные агрегаты слабо сцементированы между собой; наблюдается в хорошо оструктуренных гумусовых горизонтах.

Рассыпчатое сложение – почва обладает сыпучестью, отдельные частицы не сцементированы между собой; характерно для пахотных горизонтов супесчаных и песчаных почв.

Представление о плотности твердой фазы отдельных компонентов почвы и о плотности разных почв дает табл. 5.21.

Таблица 5.21

Плотность твердой фазы минеральных и органических компонентов почвы, г/см^3

Минералы и органические компоненты	Плотность	Минералы и органические компоненты	Плотность
Гипс	2,30–2,35	Роговая обманка	2,90–3,40
Кварц	2,60–2,65	Лимонит	3,50–4,00
Мусковит	2,76–3,00	Торф, лесные подстилки	0,40–0,90
Слюда	2,80–3,20	Гумус	1,30–1,40
Монтмориллонит	2,10	Оливин	3,30–3,40
Каолинит	2,60	Гранит	3,40–4,30
Магнетит	5,10–5,30	Ортоклаз	2,50–2,60

Плотность почвы в среднем определяется величинами 1,2–1,4. К ним оказались экологически приспособленными большинство растений. Однако отклонения от средних величин могут быть значительными, как правило, создавая экстремальные условия для живых организмов в почвенной среде.

Важное значение имеет оценка оптимальной и негативной плотности пахотного горизонта, где обычно располагается основная масса активных корней большинства сельскохозяйственных культур. Сводка этих данных приведена в табл. 5.22, 5.23.

Таблица 5.22

Плотность некоторых почв и грунтов, г/см^3

Почвы, грунты	Плотность	Почвы, грунты	Плотность
Торф	0,2–0,5	Солонцовый горизонт	1,5–1,7
Пухлый солончак	0,8–1,0	Глыбы после вспашки	1,7–1,9
Подзолистый горизонт	1,2–1,5	Корка после полива	1,6–1,9
Болотные почвы	1,1–1,3	Третичные глины	1,7–2,0
Лессы Целинный чернозем	1,3–1,5 1,2–1,3	Слитой горизонт в сухом состоянии	1,9–2,0
Свежая вспашка	1,0-1,1	Иллювиальные горизонты	1,6-1,8

Таблица 5.23

Оптимальные и неблагоприятные величины плотности пахотного горизонта почв для сельскохозяйственных культур

Культуры	Почвы	Плотность, г/см3		Авторы
		оптимальные значения	неблагоприятные величины	
Ячмень, лен	Дерново-подзолистые	<1,5	>1,5	Жученков
Яровая пшеница	– ‖ –	<1,4	>1,4	
Бобовые и горох	– ‖ –	<1,3	>1,3	
Сахарная свекла	Серые лесные	1,0–1,2	1,4	Наумов
Картофель		1,0–1,2	1,4	
Пшеница, кукуруза	Черноземы выщелоченные	1,2–1,3	1,50	Вербов
Подсолнечник	– ‖ –	1,26	<1,05	
Подсолнечник	Черноземы обыкновенные	1,20–1,25	>1,25	Борисов, Сакко
Хлопчатник	Сероземы	1,2–1,3	1,4	Слесарева, Рыжова
Люцерна	Разные почвы	До 1,60	1,60	Озимов
Люпин, вика	Кислые почвы	1,1–1,2	1,2	Филимонов
Рис	Лугово-черноземные	1,45–1,55	>1,45	Кандауров
Сахарный тростник	Ферраллитно-кальциевые	1,0–1,2	>1,35	Агафонов

Создание оптимальной плотности пахотного слоя – важнейший прием повышения урожайности. По данным С. Н. Тайчинова, оптимальная плотность пашни дает следующую прибавку урожая в сравнении с излишне уплотненными почвами: яровая пшеница 1,5, просо 2,5, кукуруза на силос 25–40, сахарная свекла 8–10, картофель 15 ц/га.

На основе изучения почв Предкавказья установлено, что максимальные урожаи сельскохозяйственных культур получают на черноземах с плотностью в горизонте АВ порядка 1,30–1,35 при других оптимальных показателях почвенных свойств. Поэтому граница оптимальных значений плотности нижней толщи почвы определяется величиной 1,35. Последовательное увеличение плотности почвы ведет к постепенному снижению урожайности (табл. 5.24). Обычно увеличение плотности почвы в ее корнеобитаемом слое на 0,1 снижает урожай зерновых культур на 10–15 % (Иванов, Стойнев).

Таблица 5.24

Плотность почвы пахотного слоя, г/см³ (Бондарев, Медведев)

Показатель	Оптимальный параметр	
	значение	интервал
Культурная свежевспаханная пашня		1,00–1,10
То же, по отношению к сельскохозяйственным культурам в условиях среднего по увлажнению года		
Дерново-подзолистая тяжело- и срсднесуглимистая:		
зерновые колосовые	1,22	1,10–1,40
кукуруза	1,15	1,10–1,20
кормовые бобы	1,21	1,10–1,30
картофель	1,11	1,00–1,20
То же, легкосуглинистая и супесчаная:		
зерновые колосовые	1,27	1,25–1,35
кукуруза	1,22	1,10–1,45
Черноземы типичные, оподзоленные и серые лесные почвы лесостепи тяжело- и среднесуглинистые:		
зерновые, колосовые	1,21	1,05–1,30
сахарная свекла	1,14	1,00–1,26
То же, легкосуглинистые:		
зерновые, колосовые	1,23	1,10–1,40
Черноземы обыкновенные, южные и каштановые почвы степи тяжелосуглинистые и легкосуглинистые:		
зерновые, колосовые	1,19	1,05–1,30
кукуруза	1,19	1,05–1,30
Сероземы:		
хлопчатник	1,26	1,20–1,40

Важное значение имеет оценка плотности почвы для плодовых насаждений. Критическая величина зависит от гранулометрического состава почвы. Для тяжелых почв – она меньше, для легких несколько больше (табл. 5.25, 5.26, 5.27).

Таблица 5.25

Снижение продуктивности черноземов по мере возрастания плотности горизонта АВ

Плотность	Продуктивность	Плотность	Продуктивность
1,35	1,00	1,55	0,75
1,40	0,94	1,60	0,69
1,45	0,87	1,65	0,64
1,50	0,82	1,70	0,58

Таблица 5.26

Реакция плодовых культур на степень уплотнения суглинистых и глинистых почв (Вальков, Неговелов)

Состояние плодовых культур	Горизонты почв, см	Черешня, абрикос	Яблоня, груша, айва, персик	Слива, вишня	Примечание
Деревья долговечны, обильно плодоносят	20–80	Менее 1,45	Менее 1,50	Менее 1,50	Глубокое уплотнение не имеет значения для сливы на дренированных почвах
	80–150	Менее 1,45	Менее 1,50	Менее 1,55	
	150–200–300	Менее 1,50	Менее 1,50	Менее 1,50	
Деревья растут и плодоносят удовлетворительно	20–80	Менее 1,45	Менее 1,50	Менее 1,55	
	80–150	Менее 1,48	Менее 1,55	1,60–1,70	
	150–200–300	Менее 1,50	1,55–1,75	1,65–1,75	
Деревья удовлетворительны только на дренированных склонах не менее 3–10°	20–80	Менее 1,45	Менее 1,50	Менее 1,55	Данные указания имеют значение только для районов достаточного увлажнения. В степных районах уплотнение почвы недопустимо использовать под сады
	80–150	Менее 1,48	1,50-1,60	Не имеет значения	
	150–200–300	1,50-1,55	Не имеет значения		
Деревья резко угнетены и не плодоносят	20–80	Более 1,50	Более 1,60	Более 1,70	
	80–150	Более 1,55	Более 1,65	Более 1,70	
	150–200–300	Более 1,60	Более 1,70		

Таблица 5.27

Нормальные и предельно допустимые величины плотности для роста корней плодовых культур на легких почвах (Ващенко)

Генетические горизонты	Плотность, г/см^3			
	оптимум	допустимая	критическая	корни не растут
$A–B_1$ B_2 – Вк С	Менее 1,40 Менее 1,50 Менее 1,60	1,50 1,50–1,65 1,60–1,65	Более 1,60 1,65–1,70 1,75–1,80	– 1,77–1,85 1,82–1,90

К культурам, успешно произрастающим только на рыхлых почвах, относится виноград. Корни этого растения четко реагируют на различную уплотненность обитаемой толщи (табл. 5.28).

Таблица 5.28

Влияние плотности почв на развитие корней винограда на черноземе обыкновенном южно-европейской фации (Молдавия, по Унгуряну, 1979)

Почвенный слой	Плотность	Степень уплотнения	Характер развития корней
Плантажный слой, 0–60 см	1,0–1,4	Рыхлое и среднеплотное	Корни развиваются нормально во всех направлениях
	1,4–1,5	Плотное	Корни по трещинах, кротовинам и ходам червей
	1,5–1,6	Очень плотное	Заметно сильное ограничение развития корней
Материнская порода (лессовидный суглинок)	1,3–1,6	Среднеплотное	Корни развиваются нормально, чаще в виде жгутов по ходам дождевых червей
	1,6–1,7	Плотное	Развитие корней сильно ограничено
	>1,7	Очень плотное	Корни практически не развиваются

Изучение зависимости продуктивности винограда от физических свойств показало тесную прямую корреляционную зависимость урожайности и общей порозности и обратную с плотностью почв. При уплотнении активной корнеобитаемой толщи до 1,35 г/см^3 и порозности свыше 50 % уровень плодородия почв для культур винограда остается высоким. Но уже при средней плотности 1,6 г/см^3 и порозности 45–50 % урожайность снижается в два

раза, а при плотности более 1,7 г/см^3 виноград гибнет. Уплотнение почвы отрицательно сказывается на накоплении сахара в ягодах и способствует росту кислотности. По коэффициентам детерминации 81 % в изменении урожайности и до 45–50 % изменений в сахаристости и кислотности могут определяться варьированием плотности и общей порозности. Следовательно, физические свойства почв оказывают значительное влияние на урожайность винограда и его качества. Поэтому один из путей повышения продуктивности виноградных агроценозов – улучшение физических свойств почвы за счет уменьшения и в будущем даже полного исключения уплотнений почв сельскохозяйственными машинами и внедрения мостовой технологии виноградарства.

Изучение многолетней урожайности плодовых деревьев на почвах с разным уплотнением позволило определить уровень плодородия почв в зависимости от этого показателя (табл. 5.30).

Таблица 5.30

Уровень плодородия почв для многолетних насаждений при различной степени уплотнения основного корнеобитаемого слоя (25–150 см)

Сложение профиля	Плотность, г/см^3	Уровень плодородия		
		плодовые		виноградники
		семечковые	косточковые	
Очень рыхлое	1,15	1,00	1,00	–
	1,20	1,00	1,00	1,00
Рыхлое	1,25	1,00	1,00	1,00
Слабоуплотненное	1,30	1,00	1,00	1,00
	1,35	0,95	0,92	1,00
Уплотненное	1,40	0,78	0,73	0,90
Сильноуплотненное	1,45	0,65	0,56	0,70
	1,50	0,48	0,43	0,50
Очень плотное	1,55	0,39	0,35	0,35
	1,60	0,28	0,21	0,10
	1,65	0,20	0,17	0,05
	Более 1,70	0	0	0

Таким образом, плотность пахотного слоя поддается регулированию с помощью обработки почвы: вспашки, прикатывания, культивации. Плотность пахотных горизонтов также в

некоторых случаях можно регулировать глубокой безотвальной обработкой и рыхлением, плантажем. Однако в создании урожая участвуют не только верхние слои, но и вся корнеобитаемая толща, горизонты почвы глубже 40–50 см. Их физическое состояние определяет качество почвы в целом. Проникновение корней в уплотненные горизонты с плотностью 1,40–1,55 (1,60) затруднено, их развитие угнетается, а при плотности более 1,55 (1,60) рост корневой системы растений невозможен. На черноземах оптимальной плотностью для большинства растений горизонта АВ считаются величины порядка 1,30–1,35. Обычно увеличение плотности почвы в ее корнеобитаемом слое снижает урожайность зерновых культур.

5.6. Грунтовые воды и их экологическая значимость

Влияние грунтовых вод на растения определяется многими факторами, и это влияние может быть как положительным, так и отрицательным. Растения угнетаются и гибнут, если в корнеобитаемом слое накапливаются за счет грунтовых вод повышенные концентрации легкорастворимых солей и происходит заболачивание с развитием бескислородной обстановки и накоплением ядовитых закисных соединений железа и марганца. Уровень грунтовых вод, при котором начинается угнетение и гибель растений, называется критическим. В условиях умеренно-сухих и засушливых (при коэффициенте увлажнения менее 1,0) критическая ситуация возникает, главным образом, из-за высокой минерализации грунтовых вод (более 0,5–1,0 г/л). Однако в приусловых частях пойм и среди песчаных массивов грунтовые воды могут быть пресными и их негативное влияние в этих случаях определяется только возможным фактором заболачивания. Во влажных условиях при климатическом коэффициенте увлажнения более 1,0 повышение минерализации в водах встречается редко, и их влияние на растения зависит от глубины залегания зеркала грунтовых вод.

Наблюдения за влиянием грунтовых вод на сельскохозяйственные культуры показывают, что при залегании грунтовых вод глубже 3–4 м их режим является нейтральным, индифферентным по отношению к растениям. При глубине грунтовых вод ближе 0,5–1,0 м от поверхности в большинстве случаев режим грунтовых вод оценивается как *критический*. Если грунтовые

воды залегают на глубине от 0,5 (1,0) до 3,0 (4,0) м, то их режим в зависимости от степени минерализации воды может характеризоваться или как оптимальный, или как *критический*. Слабоминерализованные грунтовые воды (менее 0,5 г/л) в пределах этих глубин оказывают разное положительное влияние в зависимости от сельскохозяйственных растений, а воды повышенной минерализации всегда действуют негативно, но в разной степени, в зависимости от экологических особенностей растений и степени минерализации воды.

В определении критического и оптимального уровней грунтовых вод важное значение имеют *интенсивность капиллярного поднятия*, мощность капиллярной зоны, которая или улучшает водоснабжение растений, или вызывает десуктивное соленакопление. Капиллярное поднятие от зеркала грунтовых вод зависит от механического состава почвы и подпочвы. В песчаных грунтах оно составляет 50–90 см, в супесчаных – 100–120 см, в суглинистых – 150–200 см, В лессовых породах эти величины могут быть значительно больше. Сильно варьирует уровень поднятия капиллярной каймы в торфяных почвах – от 50 до 150 см.

В зоне от грунтовых вод до верхней границы капиллярной каймы уровень влажности неодинаков. В нижней части каймы водой заполнены все почвенные поры, в средней – мелкие и средние, а в верхней – только мелкие. Таким образом, в верхней зоне создаются оптимальные условия водно-воздушного режима, питания растений – около 60–80 % от полевой влагоемкости, т. е. при достаточной влажности сохраняется хорошая аэрация. В связи с этим уровень незасоленных грунтовых вод должен находиться на такой глубине, чтобы верхняя часть капиллярной каймы внедрялась в зону массового распространения корней.

При грунтовых водах повышенной минерализации или слабо-минерализованных, но со щелочным составом, действует общее правило для всех растений. В зоне основного обитания корней не должна быть капиллярная кайма, не должно происходить десуктивно-выпотпое накопление солей. Появление солей в корнеобитаемом слое неизбежно приводит к снижению уровня плодородия почв в соответствии с закономерностями, характерными для засоленных почв.

Данные о минимально допустимой глубине залегания грунтовых вод для многолетних насаждений в зависимости от их подвижности, химического состава и минерализации приведены в табл. 5.31.

Таблица 5.31

Минимально допустимая глубина залегания грунтовых вод для плодовых насаждений в зависимости от их подвижности и химического состава (по Валькову и Неговелову)

Минерализация	Характер засоления	Минимально допустимая глубина залегания грунтовых вод, м			
		застойных		текучих	
		для яблони, груши, абрикоса, персика, черешни	для сливы, вишни, айвы, яблони на парадизке	для яблони, груши, абрикоса, персика, черешни	для сливы, вишни, айвы, яблони на парадизке
Очень слабая, менее 0,5 г/л	Преобладают нейтральные и безвредные соли	2,0–2,5	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0
	Преобладают щелочные соли более 2 м.-экв на 1 л	3,0–3,5	2,0–2,5	3,0	2,5
Слабая, 0,5–2,0 г/л	Преобладают безвредные соли, сумма щелочных солей не превышает 2 м.-экв на 1 л	2,0–2,5	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0
	Преобладают вредные соли, сумма щелочных солей более 2 м.-экв на 1 л	3,0–3,5	2,0–2,5	3,0	2,5
Средняя, 2,0–6,0 г/л	Количетво безвредных солей равно или более суммы нейтральных вредных солей, щелочные соли не более 2 м.-экв на 1 л	2,5–3,0	2,0	Не наблюдается	
	Преобладают нейтральные вредные соли или сумма щелочных солей более 2 м.-экв	3,0–3,5	2,0–2,5	Не наблюдается	
Сильная, более 6,0 г/л	Не имеет значения более 6,0 г/л	3,5–4,0	2,5–3,0	Не наблюдается	

Соли, встречающиеся в грунтовой воде, объединяются в три группы: соли безвредные – $Ca(HCO_3)_2$, $CaSO_4$; соли вредные щелочные – $NaHCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$; соли вредные нейтральные – $MgSO_4$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $NaCl$.

При кадастровых исследованиях многолетних насаждений для коэффициентов плодородия садовых почв использованы мате-

риалы С. Ф. Неговелова, В. Ф. Валькова, В. Ф. Иванова. Данные С. Ф. Неговелова и В. Ф. Валькова характеризуют минимально допустимые глубины залегания грунтовых вод (уровень плодородия 1,0), что отвечает началу оптимальных условий, а также глубине воды, при которой наблюдается гибель плодовых культур.

Данные по оптимальной глубине залегания слабоминерализованных (пресных) грунтовых вод для различных растений обобщены в табл. 5.32, 5.33.

Таблица 5.32

Оптимальная глубина залегания пресных грунтовых вод для различных растений

Растения	Глубина воды, см	Растения	Глубина воды, см
Пшеница	90–110	Яблоня	140–200
Ячмень	90–110	Груша	140–200
Овес	80	Слива	120–160
Лен	80–100	Вишня	120–160
Кукуруза	100–120	Грецкий орех	160
Картофель	100–120	Виноград	110–150
Хлопчатник	100–150	Абрикос	150–200
Сахарная свекла	100–110	Персик	130–180
Рожь	80–120	Смородина	80–100
Клюква	25–30	Малина	80–100
Горох	70–80	Костер безостый	70
Конопля	80–100	Люцерна	70
Брусника	30–35	Райграс пастбищный	80–100
Овсяница луговая	80–100	Клевер красный	80–100
Мятлик обыкновенный	80–100	Люпин	100–120

Грунтовые воды разделяются на застойные и текучие. Застойность грунтовых вод характерная для пониженных замкнутых элементов рельефа, плоских равнин без заметного уклона, явление негативное. Даже при слабой минерализации воды и ее благоприятном химическом составе в почвах и грунтах возникают закисные бескислородные условия, способствующие появле-

нию ядовитых веществ. Застойность же воды становится причиной их аккумуляции. Такие явления наблюдаются в центральных и притеррасных частях пойм, на пониженных местах дельт, на террасах степных рек среди равнин с небольшими абсолютными высотными отметками. Особенно неблагоприятны застойные воды для многолетних насаждений – садов и виноградников. Их преждевременная гибель при уровне застойной воды на глубине 1,5–2,0 м неизбежна даже при невысокой степени минерализации воды. Такие условия наблюдаются в дельте Кубани, на черноземных равнинах западной части Краснодарского края, примыкающей к Азовскому морю, в долинах степных рек Предкавказья. Для растений благоприятны текучие воды невысокой минерализации. Они активно участвуют в питании и снабжении растений водой. Текучие воды типичны для прирусловых частей пойм, особенно, если русло реки расположено выше поймы или дельты. Прекрасные условия для роста и плодоношения находят плодовые насаждения и виноградники в прирусловых частях Кубанской поймы и дельты. Текучие воды встречаются часто в предгорных условиях, на террасовых участках склонов, на участках со свободным грунтовым стоком в постоянные водные артерии или бассейны.

Таблица 5.33

Уровень плодородия почв многолетних насаждений в зависимости от глубины залегания минерализованных вод

Семечковые, абрикос, черешня		Слива, вишня, яблоня на парадизке		Виноградная лоза		Условия произрастания
грунтовая вода, м	уровень плодородия	грунтовая вода, м	уровень плодородия	грунтовая вода, м	уровень плодородия	
3,75 3,50	1,00 1,00	3,00 2,75	1,00 1,00	2,75 2,50	1,00 1,00	Оптимальные
3,25 3,00 2,75 2,50 2,25	0,98 0,97 0,90 0,80 0,68	2,50 2,25 2,00 1,75 1,50	0,95 0,88 0,80 0,68 0,55	2,25 2,00 1,75 1,50 1,25	0,96 0,90 0,84 0,78 0,73	Предельно-переносимые
2,00 1,75 1,50 1,25 1,00	0,53 0,38 0,18 0,10 0,10	1,25 1,00 0,75	0,35 0,10 0,10	1,00 0,75 0,50	0,70 0,25 0,10	Массовая гибель плодовых деревьев и кустов винограда

6. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ

6.1. Формирование плодородия почв агроценозов

Первое положение агроценотического плодородия – почва и агроценоз должны соответствовать природной гармонии естественного биогеоценотического ландшафта. Культуры агроценоза по их экологическим характеристикам следует приближать к экологическим особенностям естественных биоценозов, сформировавших данную почву. Задача сложная и не всегда реальная. Большинство растений имеют травянисто-дерновую фитоценотическую природу. Но в мире недостаточно черноземов и прерий для возделывания зерновых и технических культур. Земледелие в современных условиях осваивает всю гамму почвенного покрова от бореальных до тропических областей. Однако общеизвестна районированная специализация сельского хозяйства как по разным странам, так и в России. Более того, основное правило земледельца – земельное устройство хозяйства, размещение севооборотов и культур в соответствии с экологической гармонией растения и почвы.

Таким образом, природа дает земледельцу весьма разнообразные по агрономическому плодородию почвы в зависимости от типа естественной растительности. Предшествующие и очень разные пути формирования почв и их плодородие под агроценозами начинают вливаться в единое русло в связи с относительно одинаковым воздействием культурных растений на почву и с однотипным направлением биологического круговорота веществ. Об активном воздействии культурных растений на характер почвообразования свидетельствуют многие факты, полученные при изучении свойств почвы в прикорневой зоне. Так, около корней пшеницы, овса, ржи, трав обнаружено повышенное содержание водорастворимого гумуса, обменно-поглощенного аммония, подвижного калия. Высокая биохимическая активность прикорневой зоны подчеркивается повышенным выделением углекислоты и большой активностью ферментов. В зоне ризосферы увеличивается также общее содержание гумуса; здесь идет его синтез. Изменяется состав фракций за счет увеличения количества гуматов кальция, железа и алюминия.

Биологический круговорот веществ как важнейший фактор развития плодородия почв продолжается и при смене естественной

растительности на культурную. Весьма существенным показателем биологического круговорота считается объем годичного опада, т. е. количество растительных остатков, ежегодно вовлекающихся в процессы почвообразования. Эти растительные остатки характеризуют объем энергетического и вещественного биоматериала, обеспечивающего многие почвенные процессы.

В агроценозах к опаду относят пожнивные остатки и корни сельскохозяйственных культур, причем корни растений преобладают: у пшеницы – 85 %, гороха и кукурузы – 90 %, трав – 90–93 %.

Пожнивные и корневые остатки культурных растений – постоянный источник поступления органических веществ в почву. Их количество в значительной степени зависит от уровня культуры севооборота и биологических особенностей растения (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Накопление пожнивных и корневых остатков в севообороте, ц/га (Городний, 1996)

Культура	Пожнивные остатки	Корневые остатки
Озимая рожь	2,4–4,8	19,1–24,1
Люпин	4,7–6,7	14,4–20,6
Сахарная свекла	–	7,3–11,0
Овес	6,1–8,6	15,8–22,1
Кукуруза	3,6–6,8	12,7–25,5
Клевер	9,6–12,4	32,4–39,1
Картофель	1,1–2,6	7,5–8,8
Ячмень	6,6–8,8	19,1–21,6

По характеру поступления и объему годичного опада высокопродуктивные агроценозы приближаются к биоценозам луговой степи. Кроме растительного опада, важным источником образования гумуса являются корневые выделения. В составе этих выделений имеются разнообразные органические вещества: органические кислоты, аминокислоты, сахар, ферменты, витамины и пр. Физиологами установлена ритмичность корневых выделений. Из надземных органов растений в корни, а затем в почву отток вещества увеличивается после цветения и продолжается до конца вегетации.

Это не позволяет рассматривать агроценозы только как потребителей почвенного плодородия. Оставляя в почвах значительную

массу органических веществ и элементов питания, культурные биоценозы участвуют и в формировании, и в поддержании плодородия почв (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Количество пожнивных и корневых остатков различных культур и содержание в них основных питательных веществ (Штомпель, Котляров, Трубилин, 2001)

Культура	Урожайность основной продукции, ц/га	Количество пожнивных корневых остатков в пахотном слое почвы, ц/га	Содержание в корневых и пожнивных остатках					
			кг/га			кг/ц урожая		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Клевер на сено: 1 год использования	20 58	36,0 74,0	78,0 157,6	21,6 44,4	36,6 63,7	3,9 2,7	1,08 0,60	1,8 0,8
2 года использования	36 57	50,0 91,0	10,6 193,6	30,0 54,6	47,3 77,9	3,0 3,4	0,80 0,96	1,3 1,3
Горох на зерно	27	22,1	40,0	7,6	23,6	1,6	0,30	0,94
Кормовые бобы на зерно	26	23,6	42,5	8,0	23,7	1,6	0,30	0,90
Озимая пшеница на зерно	22 40	25,0 32,0	26,5 28,0	5,0 7,4	14,0 17,5	1,2 0,7	0,20 0,20	0,60 0,40
Ячмень на зерно	20	25,0	22,0	6,0	14,0	1,1	0,30	0,70
Озимая рожь	20 40	30,1 52,2	31,6 53,8	6,7 11,5	30,7 52,9	1,58 1,34	0,34 0,29	1,53 1,32
Кукуруза на зерно	30	40,2	77,5	16,8	93,4	2,80	0,56	3,10
Кукуруза на силос	200	42,3	78,9	17,9	99,5	0,40	0,09	0,50
Однолетние травы (вика, горох+овес)	30	38,4	97,7	21,6	65,69	3,25	0,72	2,20
Многолетние травы	30 50	47,0 80,0	76,6 123,2	21,8 37,2	92,9 149,0	2,55 1,60	0,74 0,77	3,1 2,9
Картофель	200 300	29,0 37,7	67,0 89,4	20,0 26,1	49,8 66,6	0,33 0,28	0,10 0,087	0,25 0,22
Лен (волокно)	5	15,9	8,2	4,6	14,2	3,18	1,64	2,82
Гречиха	10 20	23,1 34,1	27,2 42,0	13,0 27,0	59,5 99,0	2,72 2,10	1,30 1,35	5,90 4,95
Сахарная свекла	200 300	22,3 26,5	23,4 30,0	7,8 7,9	38,0 31,8	0,112 0,10	0,039 0,027	0,19 0,11
Кормовые корнеплоды	200 300	18,5 23,5	19,4 29,6	6,5 7,1	31,4 28,4	0,097 0,098	0,032 0,024	0,16 0,09

Замена естественных биоценозов агроценозами нарушает существовавшее равновесие между свойствами почвы и биологическими объектами. В результате образуются разной степени несоответствия почвенных свойств и культурных растений. Противоречия, связанные с неодинаковыми экологическими особенностями сельскохозяйственных растений и естественных биоценозов, возникают всегда. На первых этапах возделывания культурных растений при освоении целинных земель многие свойства почв оказываются неустойчивыми к новым условиям, не соответствующими новому набору растительных сообществ севооборота. Поэтому, как следствие докучаевского закона постоянства соотношений между почвой и окружающей средой, в почвенном теле возникают процессы, основное направление которых – привести почвенные свойства в равновесие с культурной биологической средой. Значительна здесь также роль вмешательства человека во взаимоотношение почвы и растений. Внесение удобрений, применение различных мелиоративных и агротехнических приемов способствует изменению почвенных свойств, приводя их в соответствие с экологией культурных растений. Такое изменение почв, их окультуривание есть особая антропогенная стадия развития почв.

При окультуривании свойства почв меняются до определенного уровня равновесия в соответствующей системе земледелия или севооборота. Разные системы земледелия и севообороты формируют разные уровни плодородия. Изменение состава культур в севообороте приводит к изменению почвенного плодородия. Практики-земледельцы всегда констатируют разное плодородие почв в пропашных и травопольных севооборотах, под огородами, в поливных и прифермерских севооборотах.

Степень смещения (изменения) естественных свойств почв при окультуривании зависит от экологического сходства или отдаленности биоценозов и агроценозов. Почвы черноземного типа, темно-каштановые, темно-серые лесные претерпевают меньше изменений, так как агроценозы по своему воздействию на почву приближаются к травянистой лугово-степной растительности. Наоборот, подзолы, красноземы, сероземы и близкие к ним другие почвы значительно изменяются в процессе окультуривания.

В субстантивно-генетической классификации почв России (2004) предусмотрено выделение самостоятельных таксономических единиц для почв агроценозов.

Таежная зона: агроторфяно-подзолы глеевые, агродерново-подзолы глеевые, агроторфяно-подзолистые глеевые, агродерново-подзолистые глеевые.

Лесостепная зона: агросерые, агросерые глеевые, агрочерноземы иллювиально-глинистые.

Черноземная зона: агрочерноземы, агрочерноземовидные, агрослитые темные.

Интразональные почвы: агрорендзины, агросолонцы темные, агросолонцы светлые, агросолоди, агролитоземы, агроземы, агроаброземы и т. д.

6.2. Культура земледелия и уровень социально-экономического развития общества

Закон соответствия культуры земледелия уровню социально-экономического развития общества впервые сформулировал А. Х. Шеуджен (2001): *культура земледелия определяется уровнем социально-экономического развития общества*. Это функция научно-технического прогресса и социальных отношений. Еще К. А. Тимирязев четко определил: «культура поля всегда шла рука об руку с культурой человека».

Плодородие почв с культурными биоценозами развивается вместе с развитием производительных сил. *Каждому уровню развития производительных сил соответствует своя продуктивность агроценозов*. Обусловлено это тем, что объем биологического круговорота определяется интенсивностью сельскохозяйственного использования. Это важнейшая черта антропогенного почвообразовательного процесса.

Почва-земля является основным средством производства в сельском хозяйстве, выполняя одновременно две функции: орудия труда и предмета труда. При их помощи человек возделывает необходимые ему растения, получает разнообразную сельскохозяйственную продукцию. А поскольку почва участвует в процессе производства, она сама изменяется под влиянием многосторонней деятельности человека, становится продуктом труда, результатом производственной деятельности.

Все это увязывается с научно-техническим прогрессом общества и его социально-экономическими условиями, что обеспечивает соответствующий приток веществ и энергии в почвенную массу в виде органических и минеральных удобрений, обработки почв и

ухода за растениями, подбора культурных растений и т. д. В связи со многими антропогенными факторами изменяются почвенные характеристики, их количественные значения до определенного экологического оптимума конкретных растений. Под научно-техническим прогрессом понимается широкий круг проблем: уровень развития промышленного потенциала, производства удобрений, селекция растений, транспорт и многое другое в сфере производительных сил общества. Социально-экономические условия прежде всего затрагивают производственные отношения: организация производства, земельная собственность, культурно-техническая подготовленность конкретных производителей сельскохозяйственной продукции, рыночные отношения и т. д.

В связи с социально-экономическими проблемами необходимо отметить, что всеобщность закона убывающего плодородия почвы, несмотря на многие возражения на всех уровнях, не подлежит сомнению: «Каждое добавочное вложение труда и капитала в землю сопровождается не соответствующим, а уменьшающим приращением количества добываемого продукта; каждая последующая прибавка урожая достигается с большими затратами, чем предыдущие» (А. Р. Тюрго и Э. Вест, XVII в.). Слова «убывающего плодородия» следует расценивать как словесное недоразумение. Правильно говорить о законе убывающих прибавок урожая. Тем более абсурдно связывать этот закон с так называемой «теорией перенасыщения» Мальтуса, которую Д. Н. Прянишников назвал «недоразумным учением».

В то же время не стоит абсолютизировать и представлять как «Закон возрастающего плодородия почвы», что делается А. Х. Шеудженом (2006), высказывание В. Д. Паннакова (1972): «В самой природе почвообразовательного процесса, совершающегося при ведущей роли живых организмов, заложено неизбежное возрастание со временем плодородия почвы».

Многовековые природные биоценозы квазиравновесны как по биологической продуктивности, так и по особенностям почвенной массы. Также квазиравновесно состояние почв агроценозов при определенной социально-экономической структуре общества. Сама же продуктивность растений определяется коэффициентом использования солнечной энергии при фотосинтезе, который имеет определенный предел.

Явления возрастающего плодородия почв прослеживаются в условиях:

– для биогеоценозов при сукцессионной смене состава биогеоценоза до входа его в квазиравновесное состояние, зональное или интрозональное состояние;

– для агроценозов многолетнего использования при развивающихся средствах производства в определенной системе социальных отношений также до соответствующих этим отношениям квазиравновесного состояния.

Почвенное плодородие после освоения целинных угодий под пашню находится в резком несоответствии с возникшими новыми условиями, новым соотношением компонентов биогеоценоза. Имеющийся фактический материал позволяет констатировать при современной системе земледелия резкий сдвиг почвенных характеристик:

а) в сторону уменьшения потенциального плодородия – черноземы (дегумификация, структурная деградация и др.);

б) в сторону повышения потенциального плодородия – подзолистые почвы, сероземы, светло-каштановые (повышение содержания гумуса и элементов питания и др.).

При освоении целинных почв скорость преобразования свойств почв во времени неодинакова. С годами она меняется.

При окультуривании почв можно различать следующие стадии:

1. Стадия резкого несоответствия почвенных свойств и агроценозов. Развивается в начальный период освоения почв. Происходит весьма интенсивное изменение почвенных характеристик, например, запасы гумуса или резко уменьшаются, или резко возрастают (интенсивные сукцессионные изменения).
2. Стадия постепенных изменений почвенных свойств наступает по мере уравнивания несоответствия почвенных свойств и агроценозов (медленные сукцессионные изменения).
3. Стадия равновесия: почвенные свойства – агроценозы. На этой стадии обогащение почвы за счет растительных остатков, вынесения удобрений и жизнедеятельности агроценозов компенсируется минерализацией и отчуждением веществ с урожаем (квазиравновесное состояние агроценоза).

Несомненно, несмотря на однотипность воздействия агроценозов на почвы, последние не теряют черты предшествующих естественных стадий развития. Каждый почвенный тип в равновесном окультуренном состоянии будет иметь свои неповторимые черты. Судить о свойствах окончательно окультуренной почвы трудно, так как системы земледелия неравноценны по воздействию на почвы, а смена системы земледелия происходит раньше, чем почвы успеют прийти в равновесие. Почвенные процессы имеют цикличность порядка 100–1000 лет. Системы воздействия на почву меняются значительно быстрее. Почвы, не успев вступить в равновесие, вновь обретают способность к движению.

В то же время каждая почва в зависимости от биоценотического или агроценотического воздействия приобретает свои специфические особенности. Например, чернозем типичный будет неравнозначным при его использовании под лесом, виноградниками, в севообороте под разными культурами и, конечно, будет значительно отличаться от естественной картины луговой степи. Эта общая закономерность, характерная для всех биоценотически значимых почв, закономерность, которая до настоящего времени находится в начальных стадиях своего экспериментального подтверждения.

Всякое отклонение количественных характеристик от нормы содержания свидетельствует о начале деградационных процессов. Опять же отметим, что деградационные процессы в утилитарном прагматическом плане могут быть положительными (антропогенное и естественное окультуривание и т. д.) и отрицательными (снижение эффективного плодородия, опустынивание и т. д.). Отклонение от нормы содержания компоненты может быть связано как с недостатком (уменьшение количества), так и с избытком (увеличение содержания). В экологическом почвоведении, агрохимии, наконец в экологии, принято устанавливать определенные границы таких отклонений, от слабых изменений до деградационно-катастрофических. Такая действенная попытка сделана в учебнике «Агропочвоведение» (Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В., 2003).

Факты временной стабильности почв агроценозов в настоящее время являются предметом изучения многих исследователей в разных регионах России и за рубежом. Например, исследованиями В. А. Кузнецова (2005) для ЦЧО установлено, что наиболее значительные неблагоприятные изменения физических свойств черноземов происходят в течение первых 45–50 лет распашки. При последующем пятидесятилетнем использовании черноземов в пашне их основные и водно-физические показатели приобретают относительно устойчивое (квазиравновесное) состояние на достаточно высоком уровне в соответствии с новым режимом круговорота веществ и энергии в сформировавшихся агроценозах. Основной причиной произошедших изменений является трансформация гумусного состояния при длительной распашке черноземов (снижается лабильность и врррозрастает устойчивость сохранившегося гумуса, а общее содержание сохраняется на относительно постоянном уровне в течение длительного времени).

Конечный результат, интересующий человека, – это получение сельскохозяйственной продукции большей по массе и экологически чистой по качеству, что интегрально выражается в эффективном или экономическом плодородии почвы. Поэтому свойство почвы произ-

водить биологическую продукцию зависит не только от ее особенностей, но и от многих других факторов, действие которых распространяется далеко за сферу почвенного покрова (погодные условия, технологические процессы, вредители и болезни растений, продуктивность животноводства, деятельность промышленных предприятий, транспорта и т. д.). В то же время урожай растений непосредственно оказывает различное качественно-количественное влияние на свойства почвенного покрова, на те его особенности, которые определяют уровень плодородия, зависящий от свойств почвенной массы (агрохимические и физические особенности, содержание в почве экологически неблагоприятных химических соединений антропогенного происхождения, биологическая загрязненность и др.)

Процесс окультуривания почв, заключающийся в изменениях почвенных свойств, при одной и той же системе земледелия может приводить как к уменьшению, так и к повышению потенциального плодородия, определяемого богатством почв. Безусловно, все освоенные черноземы менее богаты, чем целинные почвы, и окультуривание, вероятно, не даст того обогатительного результата, какого может достигнуть луговая черноземная степь. Остальные почвы (в зависимости от культуры земледельца) становятся при освоении в пашню:

- окультуренными – более плодородными, чем естественные почвы;
- культурными – глубоко преобразованными с утратой некоторых природных свойств и приобретением новых благотворных качеств;
- ухудшенными – выпаханными, истощенными, менее плодородными, чем естественные почвы.

Высокая культура земледелия и интенсификация сельскохозяйственного производства способствует охране почв, возрастанию их плодородия, улучшают химический состав и физико-химические свойства почв. При высоких урожаях объем органического вещества, оставляемого в почве, становится близким к объему, создаваемому в естественных условиях луговыми степями, т. е. такими сообществами растений, которые формируют в природе самые плодородные почвы – черноземы.

Свойства высокоплодородной почвы должны соответствовать высоким урожаям. Согласно данным физиологов, при условии обеспечения растений всем необходимым по закону оптимума можно считать урожай пшеницы в 60 ц/га удовлетворительным, 80–90 ц/га – нормальным, 120 ц/га – высоким. Эти цифры вполне реальны. На Северном Кавказе в ряде случаев уже получают сборы зерна 50–70 ц/га.

Следовательно, *существенная особенность почвы как основного средства сельскохозяйственного производства заключается в том, что почва при правильной агротехнике и научно-обоснованных системах земледелия не снижает, а увеличивает свое плодородие. Высокая культура земледелия способствует охране почв, возрастанию их плодородия и оптимизации экологического состояния.*

6.3. Ретроспективный анализ урожайности зерновых культур на Северном Кавказе

Вопрос должен ставиться, в первую очередь, о получении высокого и качественного урожая, и только высокая урожайность восстанавливает естественное и экономическое плодородие почв. Нельзя забывать, что в начале века богатейшие и высокогумусные черноземы Дона и Кубани давали повсеместно урожайность зерновых менее 10 ц/га, тогда как сейчас на «истощенных» черноземах средней обычной нормой считается 30–40 ц/га (на Кубани даже 50, на Дону меньше). И росла бы урожайность, если бы не экономический спад в стране, да дожди бы выпали вовремя.

Проанализируем детальнее эту проблему. В середине XIX в. урожайность зерновых была очень низкой. В Воронежской губернии в Области Войска Донского она составляла: яровая пшеница – 4,9–5,1; озимая пшеница – 5,1–6,2 ц/га. Сейчас урожайность возросла в 10–15 раз!

За сравнительную веху, за год отсчета, одинаково можно принимать как 1913, так и 1940 г. Само собой разумеется, что и послереволюционные годы, и годы коллективизации, и военные, и послевоенные годы до примерно середины 50-х в объективные экономические расчеты не могут приниматься. По ним можно судить только о закономерностях неразумности развития общества!

При анализе развития сельскохозяйственного производства (Гончаров, Чешев и др., 1986; Чешев, Сухомлинова, 2005) предвоенный, 1940 г., отмечается как знаковый год победившего социализма. В этом году валовый сбор зерновых достиг 8,7 млн т., а урожайность составила 12 ц/га, что на 57 % больше, чем в 1928 г., когда урожайность зерновых составляла 4,6 ц/га, а их сбор 5,4 млн т. Однако даже в 1940 г. показатели по зерновым культурам не достигали 1913 г. Вот вам и победивший социализм! Производство зерна в 1950 г. было ниже на 19 %, чем в 1940 г. Все годы развития СССР до 60-х – это неимоверные усилия достигнуть уровня производства

зерновых и урожайности зерновых культур 1913 г. Резкий перелом наступает только в начале 60-х годов.

Производство зерна и урожайность зерновых культур изменились следующим образом (табл. 6.3, 6.4).

Таблица 6.3

Производство зерна на Северном Кавказе

Годы	млн т	% к 1913 г.
1913	10,1	100
1925	7,1	89
1926	6,3	63
1927	5,3	53
1928	5,4	54
Среднее за период		
1925–1928	6,2	62
1933–1934	8,1	81
1940	8,9	89
1961–1965	14,9	149
1966–1970	16,6	166
1971–1975	18,3	183
1976–1980	20,6	206

Таблица 6.4

Урожайность зерновых культур на Северном Кавказе

Годы	ц/га	% к 1913 г.
Северный Кавказ в целом		
1861–1870	5,5	–
1913	13,6	100
1928	11,5	85
1940	12,0	88
1961–1965	16,0	117
1966–1970	20,0	146
1971–1975	20,0	146
1975–1980	23,0	168
Краснодарский край		
1940	15,0	
1961–1965	25,0	–
1966–1970	28,0	–
1971–1975	30,0	–
1975–1989	34,0	–
2002	42,1	–
Ростовская область		
1940	10,3	
1961–1965	14,0	–
1966–1970	16,0	–
1971–1975	18,0	–
1976–1980	20,0	–
1991–1995	30,0	–
1996–2000	19,8	–
2002	25,4	–

6.4. Агрохимическая и зеленая революции – основа резкого подъема плодородия почв

Какими же темпами шла интенсификация сельскохозяйственного производства? Советская власть в наследство от царской России получила технически отсталое сельское хозяйство. Общепризнанным считалось, что лошадь и соха – главные орудия производства. Подъем сельского хозяйства многие годы, вплоть до 60-х, связывался с увеличением производства тракторов, комбайнов, плугов и т. д. Их количество неуклонно росло, но не было определяющим в объеме уровня производства в сельском хозяйстве, а главное – в подъеме урожайности. Многие социально-исторические катаклизмы препятствовали этому.

Экономический анализ 20-х предколлективизационных и 30-х послеколлективизационных годов указывает только на сдвиги в техническом перевооружении сельского хозяйства. Практически нет данных о применении в эти годы минеральных удобрений. А именно этот фактор был на Западе решающим. До 60-х годов химимизация сельского хозяйства в нашей стране не влияла в целом на производство зерновых. Селекционная наука в этот период также не имела достижений, преобразующих производственные силы сельского хозяйства. Несмотря на рост индустриализации, урожайность культур оставалась низкой.

Подъем продуктивности сельского хозяйства во всем мире и в нашей стране объективно связан с двумя революционными преобразованиями производительных сил, сопровождающихся неуклонным ростом технической перевооруженности сельского труда:

1) агрохимическая революция, начало которой в Западной Европе приходится на середину XIX в., а в России – на 60-е годы XX в., что хронологически связано с организацией Агрохимической службы в СССР;
2) зеленая революция, научный индустриально-технологический переворот в селекции сельскохозяйственных культур, выведение новых сельскохозяйственных сортов. В СССР этот переворот уместно связать с именами академиков Пустовойта (подсолнечник), Лукьяненко и Ремесло (пшеница), Тхагушева (кукуруза) и многих других.

Необходимо отметить, в России сортовые преобразования в земледелии намного опережали агрохимическую обеспеченность их производительности, т. е. в начале генетические возможности новых сортов не подкреплялись агрохимической обеспеченностью их пи-

тания. Пожалуй, полная гармония и расцвет сортового обновления и применения минеральных удобрений пришлись на 70–80-е годы, когда при благоприятных погодных условиях целые районы Кубани показывали урожайность озимой пшеницы около 60 ц/га.

Объем вносимых минеральных удобрений резко возрастает, начиная с 1960-х годов. В 1965 г. внесено 282,4 тыс. т, а в 1980 – 962,7 тыс. т, или в 3,4 раза больше. В этот же период резко возрастает производство зерна и его урожайность, наконец, значительно преодолевая уровень 1913 г.

Уместно ли в данном случае говорить о гумусовом богатстве черноземов, которое якобы спасло Россию? Не гумусовое состояние черноземов обеспечило значительный рост урожайности и производства зерна, а интенсификация сельскохозяйственного производства. Здесь же главную роль сыграла химизация сельского хозяйства (применение удобрений и пестицидов) и внедрение новых высокопроизводительных сортов пшеницы, кукурузы, ячменя и других культур.

6.5. О соотношении количества и качества урожая

В растительном мире, в том числе и среди культурных растений, много примеров, которые поражают воображение и достойны восхищения. Вот некоторые из них, зафиксированные в «Книге рекордов Гиннеса». Самое массивное дерево на нашей планете – гигантская секвойя «Генерал Шерман» (штат Невада). Ее вес при высоте 83 м составляет 6100 т. Самые длинные корни, уходящие вглубь земли на 110–120 м, имеет южно-африканская смоковница. Весовые рекорды овощей, выращенных в разных странах, таковы: арбуз – 90,7 кг, капуста – 51,8 кг, кабачок – 47,5 кг, редис – 11,3 кг, лимон – 3,7 кг. Больше всего любят говорить о тыкве – рекорд здесь 485 кг. Существуют даже международные объединения тыквоводов, устраивающие регулярные конкурсы. Особенно отличаются канадские овощеводы (провинции Новая Шотландия и Онтарио).

Н. И. Вавилов в книге «Пять континентов» восхищается сиракузской редькой в Японии, которая достигала веса 16 кг. Также отмечен необычный вкус и размер корейской хурмы.

Следует отметить, что гигантизм в природе – явление довольно частое. Как отражение особенных почвенно-климатических условий растения принимают необычно крупные размеры в высокогорных условиях. В Африке на горах Кения, Рувензори,

Килиманджаро на высоте 3600–4700 м некоторые группы растений буйно разрастаются и приобретают «чудовищные» формы. К таким растениям относятся лобелии, гигантские вересковые и крестовники. Так Хемингуэй, обнаружив скелет леопарда, удивился: «Что понадобилось леопарду на такой высоте, никто объяснить не может» («В снегах Килиманджаро). Подобные условия встречаются и в Андах, и вблизи экватора, где бромелиевые развиваются в причудливые формы. Гигантизм растений отмечен и у нас на Сахалине. Описан он также в полупустынной Патагонии и умерно-влажной Новой Зеландии.

В ряде случаев урожайность культур отождествляется с качественной оценкой конечного продукта. Селекционеры не ставят иных задач при создании сортов растений для получения высокого выхода сахарозы (сахарная свекла, сахарный тростник), крахмала (картофель, таро, ямс), растительного масла (подсолнечник, кунжут, арахис и др.).

Качественная и количественная оценка урожая растений не однозначны в том смысле, что большое количество продукции соответственно не увеличивает ее качественные характеристики. Часто ради рекордов любители стремятся к гигантизму плодов. Но селекция не ставит задачу добиться необычайно крупных размеров отдельных плодов. В большинстве случаев, чем крупнее плоды, тем ниже их вкусовые качества, или, как говорят специалисты, органолептические свойства. Увы, красивый внешний вид не гарантирует хорошее качественное состояние.

Наша главная пищевая культура – пшеница. В прошлом при относительно низких урожаях выращивали хлеба отменного качества. Никогда не было проблем с яровой культурой. Генетически в ней заложено высокое содержание белка и клейковины. Только из яровой пшеницы изготавливают макаронные изделия и манную крупу. Однако урожайность зерновки невысокая. А вот озимая пшеница зерна дает намного больше, но качеством ниже. И, как правило, чем выше урожай, тем хуже качество, т. е. ниже белковость зерна. Высококачественные озимые пшеницы называют сильными. Из муки этих пшениц выпекают прекрасный хлеб. Многие годы Ростовская область в погоне за высокой урожайностью получала только 10 % зерна хорошего качества. Чтобы выпекать удовлетворительный хлеб, ростовскую пшеницу даже приходилось улучшать привозными твердыми пшеницами.

Сейчас как анекдот вспоминается лысенковская фантазия превращения невысокоурожайной, но качественной *Triticum durum* в высо-

коурожайную, но также хорошо белковую *Triticum vulgare* путем ее яровизации. Политические амбиции в науке обречены на провал.

Что касается пшеницы, то повышение урожайности без достаточной обоснованности гармоничного питания растений приводит к снижению качества урожая. Качественный состав легко определяется количеством в зерне клейковины и белковых веществ. Качество зерна можно иногда регулировать, опираясь на научные данные агрохимиков. Так, в Краснодарском крае в 80-е годы. резко увеличилось производство сильных пшениц, несмотря на высокую урожайность, благодаря регламентированному применению минеральных удобрений, поддерживающих оптимальный уровень азотного питания.

Погоня за высокими сборами товарного продукта иногда приводит даже к ликвидации целой отрасли. В начале XX в. до 60-х годов повсеместно пользовался славой сочинский чернослив. Сливы сортов Венгерка находили экологически оптимальные условия на бурых лесных и желтоземных почвах в прохладных субтропиках черноморского побережья. Единственным уходом была хорошо приспособленная к местным условиям обрезка деревьев. Она поддерживала урожайность на умеренном не обременяющем уровне, достаточно обеспечивая земледельца-садовода и не оставляя без внимания плодожорок и других сопутствующих жителей сада. Так продолжалось многие десятилетия. Сочинский чернослив не уступал знаменитым венгерским и болгарским. Роковой рубеж наступил в 60-е годы. Применение удобрений и ядохимикатов полностью нарушило экологическое равновесие плодового биогеоценоза. Перегрузка урожая, снижение его качественных характеристик, гибель относительно вредных и полезных животных постепенно привели к обессиливанию деревьев и упадку всей отрасли. Многое здесь определило нарушение сложившихся традиций, поддерживаемых местными опытниками-энтузиастами.

Очень поучительная история с краснодарским чаем. В 60–70-е годы. в стране наблюдался потребительский ажиотаж с чаем, который возделывался в субтропиках Краснодарского края на желтоземах, желто-бурых и бурых лесных почвах. Высокий спрос, естественно, вызвал желание добиться и рекордных сборов, увеличить товарную массу урожая, выйти в передовики на тех, природно весьма ограниченных площадях выращивания. Это привело к ущербу качественной специфики продукта. Сейчас лишь остались воспоминания о том, какой был «чай краснодарский».

Существует целый ряд сельскохозяйственных растений, для которых важнейшим товарным свойством является не количество

урожая, а его качественная характеристика. Это эфирномасличные культуры (роза, лаванда, шалфей и др.), табак, чай, виноград и т. д. Здесь главным выступает органолептическое восприятие дегустатором качественной специфичности продукта, в котором отражены особые биоклиматические и почвенно-экологические условия произрастания растений.

С количеством урожая и его качеством несовместимо производство табака. К примеру, легко можно получить густые заросли табака, если разместить плантации на черноземах Кубани. Вырастить его здесь можно очень много, но это будет не товарная продукция: высокое плодородие черноземов, богатство их гумусом резко снижают качественные характеристики табака и делают его абсолютно неконкурентоспособным.

Влияние плодородия почв на качественные особенности растительной продукции можно оценивать непосредственно: именно свойства почвы определяют урожай. Однако, следуя образному выражению В. В. Докучаева «Почва – зеркало природы», в урожае растений, как и в самой почве, отражается весь комплекс экологической среды: специфика биоклиматического потенциала, особенность почвообразующих пород, рельеф (высота местности, экспозиция склонов, проточные воздушные коридоры, застойные котловины и т. д.), специфика почвообразующей растительности. И все это, как и многое другое – во взаимосвязи и взаимообусловленности, в глубоком отражении предшествующей истории развития конкретного ландшафта.

Например, на поливных землях Средней Азии уживаются культуры умеренных и субтропических широт: ячмень, пшеница, просо, виноград, а также плодовые – яблоня, груша, абрикос и др. Благодаря обилию солнца плоды получаются более сладкие, нежные, сочные. Если сахаристость украинских абрикосов 7–10 %, то туркменских – до 30 %. Хивинские и тедженские дыни, бухарский урюк (абрикос), самаркандская вишня по вкусу и сладости не знают себе равных. Все они выросли на почвах пустыни, под ее знойным солнцем. Но чтобы выжить в условиях пустыни и приносить урожай, будь то хлопчатник или рис, виноград или груша, им, кроме тепла, нужна еще вода, орошение.

Качественная специфичность на внешние условия проявляется у плодовых культур. Антоновка известна своей неповторимостью только на черноземах и серых лесных почвах восточно-европейской фации. Попытки возделывания ее в южных районах страны не увенчались успехом. Интересна история сорта яблони амери-

канского происхождения Стар Крымзон. Многолетние сортоиспытания, проводимые на высоком технологическом уровне, показали прекрасные потребительские качества плодов. Внешний вид, нежная мякоть, аромат не оставляли желать лучшего. Изменение условий возделывания в массовой культуре сказались до неузнаваемости на вкусовых качествах плодов: яблоки стали красными деревянисто-клетчатковыми.

В. В. Акимцев приводит примеры приобретения сильных оригинальных запахов многими дикими растениями (полынь, иссоп, тимьян и др. в Азербайджане) и культивируемыми пряными (шафран на Апшероне, кофейные зерна в Сирии, душистые перцы и др.) в связи с особыми почвенно-климатическими условиями. Специфичность почв и климата вызывает особо воспринимаемые качества растительной продукции.

Часто вмешательство земледельца-технолога может резко изменить именно качественную сторону возделываемого растения. Яркий пример этому – возделывание табака под покровом марли, что повсеместно практикуется на Кубе. Известные черные сорта табака для производства знаменитых гаванских сигар, выращиваемые в тени марлевого покрытия, дают светло-зеленые, эстетически приятно воспринимаемые листья. Именно они используются для внешней обертки сигар, делая их крайне привлекательными, создавая тем самым товарную гармонию визуального восприятия и внутреннего обоняния, вкуса. Отходы светлого оберточного табака используются для сигарет легкого аромата, почти без никотина.

Особый интерес для Юга России представляет проблема оценки почвенных условий для культуры винограда (Неговелов, Михайлов, 1982; Вальков, Фиськов, 1986, 1992, 2002).

В оценке условий формирования виноградарской продукции важен системный подход к анализу природных факторов, которые взаимосвязаны и взаимообусловлены. Основатель крымского виноградарства князь Л. С. Голицын неоднократно подчеркивал, что климат, почву и сорт необходимо рассматривать как единое целое, а не в отрыве друг от друга.

Анализ взаимосвязи почвы и качества винограда всегда предполагает отражение в почвенных свойствах всей природной среды, отражение не просто зеркальное, а более глубокое, так как почва вбирает в себя не только актуальную ситуацию природной обстановки, но и близкое, и далекое прошлое своего развития.

Оптимум почвенных условий для винограда оценивается по комплексу почвенных характеристик: гумусовому содержанию и

мощности почв, гранулометрическому составу и скелетности, физическим свойствам, карбонатности и реакции почвенной среды, солонцеватости и засоленности, гидрологическим, физическим и многим другим свойствам.

Отмечая комплексный общий характер воздействия почвенных особенностей на виноградное растение, следует подчеркнуть их двоякую роль в реализуемом урожае. Во-первых, плодородие почвы появляется в суммарном выражении свойств почвы и определяет урожайность винограда, количественную сторону урожая. Во-вторых, отдельные почвенные характеристики в той или иной степени ярко выделяют одну из качественных органолептических характеристик вина или вообще его уникальное строение. Однако чаще всего выделить частное из комплекса общих свойств весьма затруднительно.

Таким образом, отдельные характеристики почвенных свойств оцениваются в ампелопедологии не только по их способности определять то или иное качество вина, но и как фактор биологического роста и плодоношения виноградного растения. Разработаны довольно жесткие пределы оценки почвы и ее актуальных свойств при ответе на вопросы: хорошо или плохо это для винограда? При каких количественных значениях того или иного показателя виноградник растет, угнетается, гибнет? Как они отражаются в целом на урожайности культуры?

При закладке винограда сейчас можно безошибочно оценить гумусовое состояние почв, их гранулометрический состав, реакцию среды, содержание солей и их отдельных составляющих, плотность, сложение почв и т. д. Причем оценка возможна с учетом особенностей отдельных групп сортов винограда, даже в более узкой градации, чем подразделение на столовые, белые и красные технические винные сорта (Безуглова, Вальков, 1999).

Почвенные свойства и качество винограда. Для виноградного растения выявлено неоднозначное влияние гумусового содержания. С. А. Захаров пишет, что почвы склонов более бедны перегноем, нежели богатые почвы долин, но вина со склонов отличаются большей спиртозностью и тонкостью букета. При избытке гумуса виноградная лоза имеет излишне мощный рост с одновременным снижением качества продукции: вина, вырабатываемые из такого винограда, легкие, но грубые, без гармонического сочетания составных частей, плохо сохраняющиеся, со стойким помутнением.

При изучении гранулометрического состава как экологического фактора выявлена следующая закономерность: урожай и качество

винограда на почвах легкого гранулометрического состава (легкосуглинистых и супесчаных) всегда выше, чем на тяжелых (глинистых и тяжелосуглинистых). Хорошо оструктуренные почвы тяжелого гранулометрического состава несколько улучшают условия для развития виноградной лозы.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что почти повсеместно виноградники на песчаных почвах дают сравнительно высокий урожай очень хорошего качества. В одних и тех же климатических и рельефных условиях виноград на песчаных почвах накапливает больше сахара, чем на почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава.

Количественное увеличение сахаристости и снижение кислотности для ягод винограда при облегчении гранулометрического состава имеет характерные особенности. Группы сортов винограда по их способности к накапливанию сахара располагаются в следующем убывающем порядке: красные технические – белые технические – столовые.

Особо ценны песчаные почвы для столовых сортов винограда, которые на них получаются высокого качества: с большим содержанием сахара и гармоническим сочетанием частей сока ягоды. На песках лучше удаются сорта белых вин. Кроме того, работы на виноградниках с песчаными почвами можно проводить круглый год. Недостатком песчаных почв является глубокое промерзание их зимой при отсутствии снежного покрова, что приводит к повреждению корневой системы.

Особую ценность песчаные почвы представляют для культуры столового винограда с большим содержанием сахара и гармоничным сочетанием всех составных частей сока ягоды (пески около г. Белгород-Днестровского, Нижнеднепровские, Анапские, Терско-Кумские) (Благонравов, 1957). В то же время на песчаных почвах технические сорта не достигают высоких кондиций по сахаристости. Однако они придают винам легкость и тонкость. Лучше удаются белые вина, быстро созревающие и развивающие после нескольких месяцев выдержки хороший, достаточно тонкий устойчивый букет (Рислинг станицы Щелковской на Терско-Кумских песках).

Глинистые фракции почвы дают вину «тепло», целостность, обеспечивающую долгое хранение, создают гармонию между отдельными составными частями, придавая вину при выдержке ценимую мягкость и бархатистость во вкусе (Благонравов). Лучшие вина на глинистых почвах дают красные сорта винограда. Вина

получаются с устойчивой и сильной окраской, полные, в молодости несколько грубые, медленно созревающие и требующие для развития своих качеств нескольких лет выдержки. Глинистые и тяжелосуглинистые почвы лучше всего использовать для посадки сортов с темноокрашенными ягодами, вина из которых хотя и созревают медленно, но получаются полными и густоокрашенными.

Каменистость и щебневатость почв с давних времен привлекала внимание виноградарей. Обломки горных пород разного размера и мелких скелетных частиц способствует получению более тонкого и более высокого качества вин, чем на почвах, состоящих из одного мелкозема. Виноделы давно установили факт: на каменистых известковых почвах (перегнойно-карбонатных) по мере увеличения скелетности профиля известкового камня урожаи слабеют, но вина получаются отличные.

Благодаря способности корней использовать трещиноватость и полости в твердых породах, виноград глубоко проникает в их массу. Поэтому как культурное растение, он обладает уникальной способностью давать удовлетворительный урожай на маломощных сильнокаменистых почвах, которые для других культур считаются бросовыми, слишком сухими, неплодородными. В средние века в Испании существовал Королевский закон, который запрещал на почвах, пригодных для пшеницы, производить посадки винограда. Для него успешно могут быть использованы и другие земли. На каменистых скелетных почвах получается продукция исключительно высокого качества. Такие плантации винограда наблюдаются в районе Геленджика и Новороссийска.

По мнению С. А. Захарова (1929), для условий черноморского побережья Краснодарского края умеренно каменистые почвы дают вина лучшего качества, чем мелкоземистые. Объясняется это тем, что каменистые почвы обладают более благоприятными физическими свойствами, лучшей водопроницаемостью и лучшей аэрацией, а обломки породы при выветривании пополняют запасы их плодородия.

Это положение С. А. Захарова сходно со взглядами ряда авторов и подтверждается многовековой практикой. Во Франции, Италии, Германии по мере разрушения грубоскелетной части почвы на виноградники даже завозят камни.

Наличие на поверхности почвы камней обусловливает быстрое и полное впитывание каменистыми почвами выпадающих осадков и вместе с тем ее высыхание. Нужно также отметить, что на таких почвах в связи с их легкой проницаемостью для воды и воздуха вино-

градное растение не страдает от избытка влаги. В этих почвах всегда имеется достаточное количество влаги для нормального развития виноградных кустов благодаря ее малой потери с поверхности почвы.

Камни, уменьшая количество мелкозема в почве, понижают в некоторой степени ее плодородие (продуктивность виноградников снижается лишь при содержании мелкозема в корнеобитаемой толще менее 40 % от веса), но обломки горных пород представляют собой постоянный запас питательных веществ. Корневая система виноградной лозы в каменистых щебневатых почвах развивается свободно, почва постоянно обогащается питательными веществами в результате выветривания скелета, что делает виноградную лозу долговечной, устойчивой и продуктивной. Лучшие по качеству продукции виноградники расположены на каменистых почвах (виноградники Южного берега Крыма, Черноморского побережья Кавказа, Закавказье). Имеет значение и размах каменистых включений. В одних и тех же климатических условиях урожайность виноградной лозы на почвах мелкоскелетных (хрящеватых) больше, чем на крупноскелетных (камни, гравий) при одинаковом объеме скелета.

Весьма широко распространены в районах виноделия карбонатные почвы, т. е. содержание в поверхностных горизонтах $CaCO_3$. В.В. Акимцев (1950) считал, что роль почвенных карбонатов сводится к особым условиям образования сахара, фиксации углекислоты и развитию в ягодах ароматических веществ. С. Ю. Дженеев (1968), изучавший влияние почвы на хранение винограда в Крыму, установил, что виноград, выращенный на мергелистых почвах, содержит сахара 17–18 %, а на некарбонатных – до 14 %. Румынские виноделы A. Reine и A. Jonescu подчеркивают, что карбонатность почв особым образом сказывается на качестве вин, обусловливая выразительный букет и крепость, ускоряя их старость.

Большой интерес виноградарей привлекает также состав почвенных растворов, с точки зрения преломления их особенностей в качественных характеристиках вина. Виноград, являясь относительно солеустойчивой культурой, далеко не безразличен к солям, причем не все сорта предъявляют одинаковые требования к солевому режиму. Содержание углекислых солей натрия в почвенных растворах даже в малых количествах (Na_2CO_3 – 0,005 %; $NaHCO_3$ – 0,05 %) приводит к гибели виноградной лозы. Значение сернокислых солей кальция в почве для культуры винограда аналогично значению известковых солей, поэтому наличие гипса в почве надо рассматривать как положительное явление.

Особое влияние на качество при изготовлении хересовых вин оказывают почвенные условия. В. В. Акимцев, проанализировав внедрение в СССР производства хересов, отмечает, что их своеобразие в конечном итоге зависит от почвенных условий. Специфика хереса – большое накопление зольных веществ (свыше 9 %) – возможна при культивировании винограда в сухих знойных условиях на сероземных почвах, где среда богата карбонатами и почвенными серными соединениями. На Кавказе наиболее благоприятны для производства хересовых вин сорта винограда, культивируемые на особых перегнойно-сульфатных почвах (гажи), у которых материнской породой являются залежи гипса и продукты его выветривания. В Испании, откуда происходит херес, почвы, богатые $CaSO_4$, но без легкорастворимых солей, называют барросы, альбазиры, хезо. Именно на них культивируется виноград, создавший мировую славу испанскому хересу. Горьковатость хереса, его темно-золотистая или янтарная окраска обусловлена спецификой почв.

На «цветных» почвах, как называют виноградари почвы малогумусные (бурые и серые лесные, подзолистые, желтоземы и др.), лучше производить посадку винограда с окрашенной ягодой. Богатство почвенных растворов соединениями железа придает красным винам приятную цветовую гармонию.

Виноград весьма тонко реагирует на изменения условий среды, и в вине, как в зеркале, отражается сорт и место его произрастания. Один и тот же сорт винограда на разных почвах дает продукцию столь различного качества, что виноделы имеют полное право на основе дигустационных исследований присваивать соответствующие названия и получаемому вину. Например, в Краснодарском крае из сорта винограда Рислинг получают следующие марки вина: «Рислинг Черноморский» – на черноземах и каштановых почвах Тамани, «Рислинг Абрау» – на перегнойно-карбонатных почвах близ Новороссийска и Геленджика, «Рислинг Анапа» – на черноземах обыкновенных карбонатных, «Рислинг Су-Псех» – на серых и бурых лесных почвах Крымского района. Опытный дегустатор безошибочно определит сорт винограда, марку вина и район произрастания виноградного растения. В. В. Акимцев, обобщая накопленный опыт, дал характеристику виноградных почв для целей специализации и виноделия.

Интересны *черноземы* как объект технического виноградарства. Общепризнанная оценка такова: на этих почвах виноматериалы хорошего качества не получаются ни для вина, ни для коньячных спиртов. И то и другое намного оставляет желать лучшего.

Обычно подобные виноматериалы идут для изготовления ширпотребовского портвейного продукта. Главная причина заключается в том, что черноземы богаты органическим веществом, гумусом, азотом, а это отрицательно сказывается на сахаристости и кислотности продукта. Высокое плодородие почв в общепринятом понимании – для винограда явление негативное. Кроме количественных показателей вина, все его органолептические характеристики отличаются низким уровнем.

Однако и здесь есть парадоксы! Донские вина пользуются мировым успехом. Еще А. С. Пушкин писал:

Приготовь же, Дон заветный,
Для наездников лихих
Сок кипучий, искрометный,
Виноградников твоих.

А ведь большинство виноградников Дона возделывается на северо-приазовских и граничащих с ними южных черноземах. Экологическая специфика многих растений состоит в том, что на границе биоклиматического предела растения отличаются уникальными качественными особенностями. Виноградники Дона – самый северный предел их промышленного возделывания. В некоторой степени это можно отнести к виноделию Ставрополья.

Особое место в качественном восприятии плодородия почв занимают виноградное растение и вся виноградарская отрасль земледелия. Специфическими особенностями должен обладать виноград, идущий для потребления в свежем виде (столовые сорта), для приготовления виноградного сока, для виноматериалов, из которых выкуривают коньячные спирты и виноградные водки, для шампанских вин, для вин белых и красных, крепких, десертных, ликерных и т. п., для изюма и кишмиша.

Плодородие почв учитывается при оценке количества урожая, что отражается бонитировочной классификацией земель. Первыми критериями оценки качества урожая являются уровень его сахаристости и кислотности. Эти показатели строго контролируются количественно: определяется процент сахаристости ягод и титруемая кислотность. В конечном продукте, виноматериале, кроме количественно учитываемых качественных показателей оцениваются органолептические свойства: вкус, цвет, букет, прозрачность и др. Сложнейшее переплетение всех этих характеристик отражено в многогранности конечной продукции.

Очень часто количеством урожая пренебрегают взамен его качестаенной специфики. Сорта Плечистик и Красностоп по природе малоурожайны, но их возделывают ради уникальности вина Цимлянское игристое. Не перестают культивировать и старый казачий сорт Цимлянский, хотя его урожайность намного ниже обычных технических сортов.

Французские виноделы устанавливают урожайную квоту на сбор винограда не только ради того, чтобы избежать перепроизводства, но, скорее, в силу разумного сохранения качественного престижа получаемых вин.

Объективная оценка качества продукции зависит от субъекта, дегустатора, который должен обладать особым природным талантом.

История описывает забавные, но поучительные случаи из жизни виноделов. Князь Голицын в своих подвалах вместе с французским гостем пробовали вино. «Это вино, – воскликнул один, – имеет посторонний привкус железа!» «Нет, – возразил другой, – не железа, а кожи». Пришлось освободить бочку. Спор решился к общему согласию: на дне обнаружился ключ на кожаном шнурочке.

Проиллюстрируем экспертную дегустационную оценку вина, применяемую в России (табл. 6.5).

Основной показатель оценки – дегустация образцов вина принято оценивать по десятибалльной системе. Выдержанные высококачественные вина оценивают в 9–10 баллов, хорошие – 7–8, выдержанные невысокого качества – 6. Высшая оценка молодых вин – 8 баллов, низшая – 6.

Таблица 6.5

Ориентировочные показатели качества вин (по Простосердову)

Показатель	Оценка, баллы
Прозрачность	
Прозрачное с блеском	0,5
Прозрачное без блеска	0,3
Мутное	0,1
Цвет	
Полное соответствие типу и возрасту вина	0,5
Небольшое отклонение окраски от цвета, свойственного типу и возрасту вина	0,4
Значительные отклонения от нормального цвета	0,3
Несоответствие цвету, свойственному типу и возрасту вина	0,2
Грязные тона	0,1
Букет	
Очень тонкий, хорошо развитый, соответствующий типу и возрасту вина	3,0
Хорошо развитый, соответствующий типу вина, но грубоватый	2,5

Окончание табл. 6.5

Показатель	Оценка, баллы
Слаборазвитый, хотя и соответствующий типу вина	2,25
Неявно выражен	2,0
Не соответствует типу вина	1,5
С посторонним запахом	1,0
Вкус	
Гармоничный, соответствует типу и возрасту вина	5,0
Гармоничный	4,0
Гармоничный, но мало соответствует типу вина	3,0
Негармоничный но без посторонних привкусов	2,0
Ординарный, с легким посторонним привкусом	2,0
С посторонним привкусом	1,0
Типичность	
Полное соответствие типу	1,0
Небольшое отклонение от типа	0,75
Нетипичное вино	0,5
Совершенно не типичное	0,25
Для шампанских игристых вин	
Сильное вспенивание в бокале и длительное выделение пузырьков	1,0
Слабое вспенивание с мелкими пузырьками	0,8
Длительная игра и крупные пузырьки	0,6
Малая игра и крупные пузырьки	0,4
Сразу исчезающая игра	0,2

7. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

7.1. Хлеба 1-й группы: пшеница, ячмень, рожь, овес

Пшеница. Среди культурных растений пшеница занимает особое место как древнейшее и наиболее значимое в хозяйственном отношении. Введенная в культуру в глубокой древности, пшеница сейчас служит основным поставщиком растительного белка для большей части человечества. Ее мировая площадь уже превысила 235 млн га.

Выделяют более 20 видов пшениц. Однако в мировой земледельческой практике наибольшее распространение получили лишь два – мягкая, на долю которой приходится более 85 % мировой площади пшеницы, и твердая – с удельным весом около 10 %.

Большинство видов пшениц вышло из обширного района Передней и Средней Азии и Средиземноморья (Жуковский)[5]. Насчитывают не менее шести первичных очагов-колыбелей пшеницы, территориально удаленных друг от друга. В процессе многовекового естественного и искусственного отборов сформировалось множество экотипов пшеницы, что и обусловливает в целом ее широкую экологическую приспособленность. Как сельскохозяйственное растение пшеница родилась в поймах рек. Но лучшие свои вкусовые качества и питательные свойства она приобрела в степных районах, которые и стали основным местом произрастания пшеницы. В сельскохозяйственной практике встречаются яровые, озимые и промежуточные формы.

Ареал возделывания пшеницы охватывает основные биоклиматические пояса Земли: бореальный, суббореальный, субтропический и тропический. Однако наиболее оптимальные условия для пшениц в суббореальных и субтропических степных зонах с почвами, которые богаты гумусом, имеют хорошие водно-физические свойства, нейтральную реакцию среды, повышенное содержание зольных элементов. Это различные подтипы черноземов, по праву называемые пшеничными землями, каштановые почвы, черноземовидные и лугово-черноземные почвы суббореальных прерий (бруниземы). В субтропиках пшеничными землями являются красновато-черные почвы прерий (руброземы), особые субтропические

[5] Происхождение культурных растений и в дальнейшем дается в основном по П. М. Жуковскому.

черноземы. Эти почвы характерны для гумидно-аридных районов юга США и для аргентинской пампы. Хорошие условия пшеница имеет в районах со средиземноморским типом климата – коричневые и серо-коричневые почвы.

Перечисленные почвы – наиболее плодородные образования Земли, а пшеница среди хлебных злаков наиболее требовательна к почвенным условиям. Экологический оптимум почвенных характеристик можно определить следующими показателями: содержание гумуса более 3–4 %, запасы органического вещества 300–600 т/га, что обеспечивает потенциальное богатство почв азотом и фосфором, плотность корнеобитаемой толщи около 1,35 г/см^3, хорошая оструктуренность профиля, близкая к нейтральной реакция среды, и связанная с этим слабая выщелоченность почв от щелочноземельных катионов, высокое содержание доступных растениям кальция, магния, калия, кремния и других зольных элементов. Такие условия характерны для глубоких структурных тяжелосуглинистых и легкосуглинистых почв. Легкие, особенно песчаные и супесчаные, почвы для пшеницы малоплодородны. Снижается плодородие и на тяжелых бесструктурных почвах. Недостаточно благоприятны для пшеницы различные типы слитоземов – слитые черноземы, смольницы, тырсы, регуры и др. На этих почвах озимые сорта пшениц склонны к вымоканию.

У нас основные посевы пшеницы сосредоточены на черноземах. Однако пшеница крайне отрицательно реагирует на деградацию этих почв. В условиях неорошаемого земледелия это связано с дегумификацией почв, развитием водной и ветровой эрозии, иссушением ландшафтов, ухудшением структурного состояния. В последние годы средние урожаи не достигают 30 ц/га, а во многих колхозах и совхозах держатся на уровне 15–18 ц/га. Этого можно избежать, как показывает многолетний опыт научных учреждений и передовых хозяйств, при высокой культуре земледелия. На черноземах обязательно необходимы противоэрозионная организация территории, чистые пары, создание сети полезащитных лесных полос, посевы люцерны в правильных севооборотах, периодическая плоскорезная обработка, регулярное внесение органических и минеральных удобрений.

Негативное влияние на урожайность пшеницы оказывает деградация черноземов в условиях орошения, которая связана с подъемом грунтовых вод, осолонцеванием и ощелачиванием почв, интенсивной дегумификацией, развитием слитизации, ухудшением агрофизических свойств. В связи с этим во многих случаях

эффективность орошения черноземов на пшенице оказалась ниже ожидаемой. Только строгое соблюдение комплекса мероприятий позволит возродить урожайную силу черноземов для пшеницы и других культур: отличное качество поливных вод, орошение малыми дополнительными к естественному увлажнению нормами, закрытая ирригационная сеть без потерь воды на фильтрацию, глубокий дренаж, поддерживающий уровень грунтовых вод на глубине 3–4 м, обязательное травосеяние, внесение органических и минеральных удобрений, периодическое глубокое рыхление и др. (Ковда, Николаева).

Богатые рыхлые почвы способствуют развитию мощной корневой системы. Хотя мочковатая корневая система пшеницы располагается в основном в пахотном слое, однако отдельные корни проникают на большую глубину, до 2 м и более. Корни пшеницы используют трещины материнской породы, червороины, ходы корней предшествующих культур. Глубокое проникновение корней обеспечивает лучшее водоснабжение растений. В полевых опытах (Singh et al.) изучали влияние глубины почвенного слоя (1,0, 1,5 и 2,0 м) и запасов доступной влаги (150 и 225 мм) на урожай пшеницы в богарных условиях. Различная глубина профиля обеспечивалась экранированием полиэтиленовой пленкой. Урожай возрастал с увеличением мощности и запасов влаги.

В пахотном горизонте располагается основная масса корней. В слое глубже пахотного горизонта развивается около 25–30 % всей корневой массы, а в слое 0–60 см сосредоточивается 95 % корней озимой пшеницы (Сафонов). Из пахотного слоя на протяжении вегетации пшеница поглощает 80–85 % элементов минерального питания, а из нижних слоев – 15–20 %. Более 95 % минеральных веществ потребляется из слоя 0–60 см (Шаталов, Сафонов).

Пшеницы, приспособившись к развитию в условиях степей и прерий, переносят значительные вариации увлажнения, от умеренной засухи до затопления при условии кратковременного действия этих факторов. Наилучшие же условия увлажнения определяются 60–70 % от полевой влагоемкости.

Пшеницы, особенно мягкие, обладают большой экологической пластичностью. Их культивируют на слабокислых подзолистых, дерново-подзолистых, серых, бурых лесных и на щелочных солонцеватых почвах, карбонатных сероземах, черноземах, на светло-каштановых почвах. Пшеницы не выносят кислых почв, которые при возделывании всегда известкуются. По данным Н. С. Авдонина, содержание белка в растениях нечерноземной зоны значительно ниже, чем в чер-

ноземной. Это обусловлено отрицательными свойствами дерново-подзолистых почв. К этим свойствам относятся: недостаток питательных веществ в почве, и прежде всего азота, кислая реакция среды, наличие подвижных форм алюминия и избыток марганца, недостаток молибдена, небольшая нитрификационная способность и ослабление деятельности полезных микроорганизмов. Повышенная кислотность почв приводит к ухудшению качества зерна пшеницы. Снижается синтез крахмала, увеличивается содержание водно-растворимых сахаров. Кислая реакция способствует увеличению небелковых форм в водно-растворимой фракции белка (Дурынина).

Большая экологическая приспособляемость наблюдается в щелочном интервале реакции среды. Например, высокие урожаи озимой пшеницы получают на Кубани, на карбонатных черноземах при pH в корнеобитаемом слое от 8,0 до 8,6. Нейтральная реакция среды и слабая щелочность способствуют повышению качества зерна, увеличению его белковости.

Пшеница относятся к среднесолеустойчивой культуре. По исследованиям Н. П. Синицкой, озимая пшеница Безостая-1 на Краснознаменском орошаемом массиве (Херсонская область) характеризовалась следующими показателями порога токсичности солей и их ионов, снижающих урожай на 25 %: содово-хлоридное засоление – сумма – 0,11 %, HCO_3^- – 0,05 %, Cl^- – 0,01 %; хлоридно-сульфатное засоление – сумма – 0,17 %, Cl^- – 0,02 %, SO_4^{2-} – 0,08 %. При высокой обеспеченности элементами питания солеустойчивость возрастает: сумма – 0,40 %, HCO_3^- – 0,05 %, Cl^- – 0,07, SO_4^{2-} – 0,14 %. Содержание HCO_3^- – 0,05 % на всех почвах и фонах снижало урожай на 25 %.

Таким образом, для пшеницы при ее очень широким видовом и сортовом многообразии оптимальность почвенных условий определяется следующими факторами:

1. Идеальная естественная почвенная среда – черноземный профиль в полноразвитой выраженности, что отвечает черноземам типичным и обыкновенным при среднегодовой сумме осадков 500–600 мм.
2. Высокий уровень обеспеченности почв соединениями азота, фосфора и калия. При нарушении или недостатке сбалансированного питания значительно ухудшается качественный состав зерна, переход его в разряд фуражного. Обеспеченность почв гумусом в его многофакторном экологическом воздействии соответствует черноземному характеру почвенного профиля при значительных варьированиях.

3. По требованиям к гранулометрическому составу пшеница тяготеет к почвам тяжелосуглинистым, среднесуглинистым и глинистым, однако при непременном условии их хорошей структурной агрегированности зернисто-мелкокомковатого состава. Это относится как пахотно-дерновому горизонту, так и к зоне массового распространения корней до глубины 60–70 см. Гранулометрический состав и хорошая оструктуренность для пшеницы, понятия неразрывные, что проявляются прежде всего в плотности корниобитаемой толщи, оптимальность которой в слое 0–20 см должна быть < 1,25, а в слое 20–60 см в пределах 1,25–1,45 г/см^3.
4. Высокий уровень минерального питания, высокая обеспеченность зольными элементами, включая соединения кремнезема. Однако высокая, даже незначительная избыточность солевого содержания почвенных растворов до уровня градации слабого засоления – явление негативное. Оптимум минерального питания обеспечивается при нейтральной и слабощелочной реакции почвенных растворов, в почвах выщелоченных от $CaCO_3$, но содержащих карбонаты в нижних горизонтах. Слабая карбонатность (слабое вскипание от 10 % HCl) как пахотного горизонта, так и всей корнеобитаемой толщи не снижает продуктивные качества земель. Богатейшие почвы Западного и Центрального Предкавказья в большинстве своем представлены карбонатными родами подтипов обыкновенного и южного черноземов. Подчеркнем еще раз: для пшениц необходим высокий уровень содержания в почвах минеральных веществ, но без всяких признаков засоления, регистрируемого анализами водной вытяжки.
5. Всякая солонцеватость, нарушающая черноземную стабильность почвенной системы, сказывается неблагополучно на экологической ситуации для пшеницы как в плане нарушения агрофизического состояния почвенной массы, повышения щелочности, так и избыточного поглощения иона. Однако обменный Na^+ в количестве менее 3 % от ЕКО – явление положительное.

Озимая пшеница предъявляет повышенные требования к предшественникам. Ее возделывают на большой территории с различными почвенно-климатическими условиями. Основное условие надежной ее перезимовки и получения высокого урожая – дружные и сильные всходы.

В зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения лучшим предшественником будут черные пары. В этой зоне они обеспечивают накопление и сохранение влаги, борьбу с сорняками, увеличивают содержание нитратов и других питательных веществ в почве. Черные пары не только способствуют повышению урожая пшеницы, но и позволяют получать при посеве соответствующих сортов высококачественное зерно, отвечающее стандартам на сильные пшеницы.

Одна из основных причин снижения урожайности озимой пшеницы по непаровым предшественникам – крайне низкие запасы влаги в почве. Кроме того, сухая осень часто приводит к запаздыванию с посевом. Не окрепшие с осени всходы пшеницы плохо закаливаются и погибают.

В острозасушливых областях Юго-востока и в степных районах Юга большое значение имеют кулисные пары. Высевать высокостебельные растения по пару лучше летом, так как они иссушают почву меньше, чем кулисы весеннего посева.

В центральных, юго-восточных и южных районах степной зоны Украины, в южной части Молдавии, степной зоне Северного Кавказа, в средней и юго-восточной частях Центрально-Черноземной зоны, а также в Поволжье для получения гарантированного урожая озимой пшеницы ее посевы следует размещать в основном по чистому, прежде всего по черному пару. Из других предшественников в этих районах можно использовать кукурузу на силос, зерновые бобовые культуры и однолетние травы (кроме сорго и суданской травы), а также озимые, высеваемые по черному пару. Опытами установлено, что колосовые хлеба, в том числе и озимую пшеницу, нецелесообразно высевать на одном и том же поле более двух лет подряд из-за большого накопления вредителей, в частности жужелицы. По данным Краснодарского НИИСХ, при посеве озимой пшеницы два года подряд на одном и том же поле содержание клейковины в зерне уменьшается, понижается его стекловидность. Однако внесением удобрений можно заметно улучшить качество зерна.

В зоне достаточного увлажнения большое значение имеют занятые пары, которые позволяют получать дополнительную продукцию и при хорошей подготовке поля под посев озимых, внесении удобрений и своевременном посеве вырастить высокий урожай зерна. Данные научных учреждений и передовых хозяйств подтверждают экономическую эффективность занятых паров в этой зоне, но при условии соблюдения всего агротехнического комплекса. Занятые пары надо вводить, учитывая реальные возможности хозяйств и не в ущерб урожаю зерновых и последующих культур.

В Полесье Украины, Белоруссии, Прибалтике, в северо-западных и центральных районах Нечерноземной зоны озимую пшеницу высевают после многолетних трав, вико-овсяной смеси, люпина на зеленый корм и силос, раннего картофеля, гороха. Эти предшественники дают возможность своевременно подготовить почву под озимые и получить хорошие результаты.

В лесостепных районах Украины, Молдавии, Северного Кавказа, Центрально-Черноземной зоны озимая пшеница хорошо удается по парам, занятым клевером, эспарцетом, вико-овсяной смесью, горохом, ранним картофелем. В более засушливых частях лесостепи на семенные цели посевы пшеницы целесообразно размещать по черному пару.

В льноводческих районах озимая пшеница может давать хорошие урожаи после льна, при условии ранней его уборки. В правобережье Украины хорошими предшественниками озимой пшеницы считаются свекловичные высадки, а также озимый рапс.

На песчаных и супесчаных почвах Белоруссии, Украины и в центральных районах Нечерноземной зоны большое значение имеют сидеральные пары. Занимают их обычно люпином, который запахивают в фазе сизых бобов.

Яровая пшеница, особенно твердая и сильная мягкая, лучше всего удается на землях с мелкокомковатой структурой, богатых питательными веществами, достаточно увлажненных и чистых от сорняков.

В Западной Сибири, на Урале, в Зауралье и Северном Казахстане яровую пшеницу высевают по пласту и обороту пласта многолетних трав, после кукурузы, подсолнечника, картофеля, зерновых бобовых. В степных засушливых районах лучшим местом для размещения яровой пшеницы считаются чистые пары, на которых почва хорошо очищается от сорняков и больше накапливается влаги.

На Северном Кавказе, в Центрально-Черноземной зоне и на юге Украины яровая пшеница хорошо удается после озимых, пропашных (кукуруза, подсолнечник, картофель) и зерновых бобовых культур.

Ценность зерновых бобовых культур как предшественников заключается и в том, что после них яровая пшеница слабее поражается фуза-риозом. В южных и юго-восточных районах она хорошо удается после бахчевых культур (арбуз, дыня), высеваемых по залежи.

В Нечерноземной зоне яровую пшеницу высевают после картофеля, под который вносили навоз, после льна-долгунца и озимых культур.

Ячмень. По мнению исследователей, ячмень лишь немногим уступает пшенице по давности введения в культуру. Это важнейшее продовольственное, кормовое и пивоваренного использования растение возделывается на всех континентах и занимает в мировом земледелии около 80 млн га.

У ячменя различают двурядные и шестирядные формы. Наиболее древними считаются двурядные. Однако в посевах большинства стран преобладают многорядные формы, как более урожайные. Ячмень – культура преимущественно пленчатая, голозерные формы встречаются в производстве редко (главным образом, в Юго-Западной Азии). Он всех других хлебных растений ячмень существенно отличается своей скороспелостью, что позволяет выращивать его даже за Полярным кругом.

Происхождение ячменя, по Н. И. Вавилову, связано с районами Передней Азии, включая Малую Азию, Сирию, Палестину, Северный Афганистан, Среднюю Азию. Это сухие и полусухие субтропические кустарниковые и лесокустарниковые степи с коричневыми и серо-коричневыми почвами, для которых характерно относительно высокое гумусовое состояние, нейтральная и слабощелочная реакция среды, богатство зольными элементами и несколько повышенное содержание легкорастворимых солей, умеренная сухость почвенного профиля. Эти экологические особенности унаследовало все мировое разнообразие ячменей. Можно говорить, учитывая широкое распространение ячменя на земном шаре, о большой приспособляемости его к различным почвенным условиям. Но в каждой природной зоне ячмень удается на почвах, которые по свойствам близки к почвам его родины.

В лесных зонах южной части бореального пояса и в суббореальном для ячменя лучшими оказываются суглинистые дерно-подзолистые, серые и бурые лесные почвы, которые окультурены до слабокислой и нейтральной реакции среды (pH 6,0–6,8) и обогащены органическим веществом. Тяжелые почвы, избыточно переувлажненные, с плохими физическими свойствами не подходят для культуры ячменя. Он хуже приспосабливается к переувлажнению, чем пшеница и овес. На мелиорированных заболоченных почвах оптимальный уровень грунтовых вод расположен на глубине 1 м при хорошей дренированности корнеобитаемого слоя. Как правило, песчаные почвы малоподходящи для ячменя.

По отзывчивости на плодородие почвы ячмень стоит ближе к пшенице, чем к овсу. Прекрасными почвами для него являются наши черноземы всех подтипов и темно-каштановые почвы. Как

и для пшеницы, лучший гранулометрический состав – тяжелосуглинистый и легкоглинистый для оструктуренных несолонцеватых почв на лессовых материнских породах. На степных суглинистых особенно песчаных почвах плодородие ячменя падает. Ячмень развивает мощную мочковатую и глубоко идущую корневую систему, что определяет его относительную засухоустойчивость, но в то же время чувствительность к переувлажнению и неудовлетворительным физическим свойствам. Например, различные типы слитых почв отличаются невысоким плодородием для ячменя.

Среди хлебов 1-й группы ячмень считается одним из наиболее засухоустойчивых. Как культура умеренно сухих условий, он мирится со слабой засоленностью и солонцеватостью. Из всех зерновых культур ячмень отличается большей солеустойчивостью, а среди ячменей – самый устойчивый к засолению – шестирядный. Интересный опыт проведен Ю. М. Ивановым и Г. В. Удовенко. На уровне среднего засоления от NaCl и Na_2SO_4 продуктивность растений располагалась в следующем нисходящем порядке: ячмень, пшеница, овес, сорго, просо, кукуруза, нут, чина, люпин, конские бобы, чечевица, фасоль, вика, горох, соя.

В субтропическом поясе ячмень прекрасно растет на коричневых и серо-коричневых почвах, на сероземах – при орошении. Неблагоприятны для ячменя желтоземы и красноземы. Ячмень – культура высоких гор с лугово-черноземовидными и лугово-степными почвами. Большие площади занимает ячмень в тропическом поясе при орошении на различных типах пустынных и полупустынных почв. Используются для ячменя красно-бурые почвы сухих и опустыненных саванн, а также красно-коричневые почвы сухих кустарниковых саванн. Однако в тропиках ячмень тяготеет к высокогорным районам и плоскогорьям.

Таким образом, ячмень, являясь мочковатым травянистым растением, близок по почвенной экологии к пшеницам. Это высокий уровень обеспеченности азотом, фосфором и калием, а также всеми зольными элементами без преференции какого-либо из них, нейтральная реакция среды, хорошие физические характеристики при среднем и тяжелом гранулометрическом составе. Отличительная черта – несколько более высокая устойчивость к засолению и солонцеватости, но не преходящая уровня слабозасоленных и слабосолонцеватых почв. Отмечается также некоторая засухоустойчивость. Правда, реализация этого свойства весьма сомнительно, разве что при выборе, на каком склоне сеять пшеницу и ячмень в

условиях степей. Для пшеницы, конечно, более приемлемы северные, а для ячменя – южные склоны.

Озимый ячмень можно высевать после различных предшественников. Лучшее место в севообороте для него – чистые пары. Однако в производственных условиях его чаще высевают после кукурузы, подсолнечника и зерновых бобовых культур. Хорошие урожаи озимого ячменя получают при посеве после озимой пшеницы. В хлопководческих районах его часто высевают после хлопчатника.

Лучший предшественник для ярового ячменя – пропашные культуры (кукуруза, картофель, сахарная свекла), под которые обычно вносят удобрения. Хорошими предшественниками являются также озимые, идущие по удобренному чистому пару. Можно высевать его и после яровой пшеницы, если она размешалась по пласту многолетних трав или по чистому пару, например в Сибири, Казахстане.

Яровой ячмень, посеянный после пропашных культур, особенно пригоден для пивоварения; в этом случае он дает не только высокий урожай, но и зерно хорошего качества, с высоким содержанием крахмала.

Для продовольственных целей или на корм скоту ячмень можно высевать после зерновых бобовых культур, накапливающих в почве много азота. В свекловичных районах хороший предшественник для него – сахарная свекла.

Ячмень, будучи скороспелой культурой, сам служит хорошим предшественником для яровых, а в некоторых районах и для озимых культур. Благодаря ранним срокам уборки ячмень более ценен как покровная культура, чем другие яровые зерновые хлеба.

Рожь. Как культурное растение рожь появилась намного позже пшеницы и ячменя – уже в бронзовом веке. Рожь посевная – единственный возделываемый вид. Мировая площадь этого хлебного злака около 20 млн га. Большая часть посевов сосредоточена в Евразии. Здесь находится и ее первичный очаг.

Культурная рожь произошла из сорно-полевой вследствие конкуренции между сорно-полевой рожью и пшеницей при совместном произрастании их в жестких условиях горного режима. Выдвинутая не столько искусственным, сколько естественным образом, рожь служит примером происхождения культурного растения из сорняка-сателлита (Жуковский). Этим и объясняются очень важные для земледельца экологические особенности ржи – ее нетребовательность к почвам и самая высокая среди хлебных злаков морозостойкость. Древний земледелец заметил

эти ценные качества сорняка и умело воспользовался результатом естественного отбора.

В сельскохозяйственной практике известны две биологические группы ржи – яровая и озимая. В посевах преобладает озимая форма. Культура ржи отличается большой экологической приспособленностью к почвенным условиям. Конечно, лучшие посевы для ржи – глубокие рыхлые оструктуренные черноземы различных подтипов. Рожь, однако, можно возделывать как на кислых почвах, так и на щелочных. Она переносит высокую степень кислотности, достаточно нечувствительна к щелочности и некоторой засоленности и солонцеватости. Значения pH колеблются в широких пределах – от 5,0 до 8,6. Рожь менее требовательна, чем другие злаки, к питательным элементам, дает хорошие результаты на малоплодородных почвах склонов, солонцеватых землях.

Рожь хорошо приспосабливается к почвам различного гранулометрического состава, от песчаных до глинистых. На песчаных почвах она более доходна, чем остальные злаки, и при необходимости выбора на песчаных почвах ржи отдается предпочтение. Приспосабливается рожь к различной влажности. Ее посевы можно встретить и на подзолистых почвах, и на осушенных торфяно-болотных, и в богаре на бурых полупустынных почвах. Особенность ржи, обеспечивающая ее приспособляемость к неблагоприятным условиям – быстрый рост мочковатой корневой системы.

Рожь лучше других растений использует труднодоступные питательные вещества почвы, в том числе и малорастворимые фосфаты. Поэтому на почвах наиболее благоприятных следует избегать посевов ржи, которая не даст высоких урожаев, приближающихся к урожаям пшеницы.

Таким образом, рожь выделяется своей более широкой экологической приспособленностью к почвенным условиям, может возделываться на землях, которые не столь оптимальны для пшеницы.

Озимая рожь менее требовательна к предшественникам, чем озимая пшеница. В увлажненных районах Нечерноземной зоны озимую рожь размещают по занятым парам – вико-овсяному, картофельному и др.

На песчаных и супесчаных почвах увлажненных западных районов Нечерноземной зоны (Смоленская, Брянская области, Белоруссия) озимую рожь с успехом возделывают по парам, занятым люпином на зеленое удобрение.

Лучшими предшественниками для озимой ржи в очень засушливых восточных и юго-восточных районах являются чистые (черные и ранние) пары. По этим же парам высевают озимую рожь на севере и северо-востоке европейской части страны, так как здесь парозанимающие культуры не успевают накопить достаточную массу до начала посева озимых.

Хорошую урожайность зерна дает озимая рожь даже при возделывании ее на одном и том же поле два года подряд.

Озимая рожь – хороший предшественник для других культур – кукурузы, картофеля, сахарной свеклы, кормовых корнеплодов, яровых зерновых.

Показатели оптимума и минимума даны в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для хлебов 1-й группы

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Пшеница			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	Не имеет значения
pH водной суспензии	5,0–6,5	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см^3	1,0–1,25	1,25–1,40	1,40–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–45	45–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	Не имеет значения	3–5	5–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	Не имеет значения	< 0,2	0,2–0,6
Содержание, $CaCO_3$, %	Не имеет значения	< 5	6–20
Ячмень			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	Не имеет значения
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,0–1,25	1,25–1,40	1,40–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–45	45–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	Не имеет значения	3–10	10–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	Не имеет значения	до 0,4	0,4–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	Не имеет значения	< 5	6–20
Рожь			
Содержание гумуса, %	<2	2–6	Не имеет значения
pH водной суспензии	4,5–5,05	5,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,0–1,25	1,25–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–65	65–75

Окончание табл. 7.1

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Обменный Na, % от ЕКО	Не имеет значения	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	Не имеет значения	< 0,2	0,2–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	Не имеет значения	< 5	5–20
Овес			
Содержание гумуса, %	<2	2–6	Не имеет значения
pH водной суспензии	4,0–5,0	5,0–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см^3	1,0–1,25	1,25–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20-60	65–75
Обменный Na, % от ЕКО	Не имеет значения	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	Не имеет значения	< 0,2	0,2–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	Не имеет значения	< 5	5–20

Овес. Происхождение овса связывают с Переднеазиатским генетическим центром. Появился он в эпоху металлов. Исследователи этого рода считают, что посевной овес произошел от дикого овса, обильно засорявшего посевы полбяной (пленчатой) пшеницы. В чистую культуру овес выдвинулся естественным отбором по мере продвижения полбы на север. Под действием естественного отбора овес приобрел широкую экологическую пластичность, использованную человеком.

Овес посевной – основной культурный вид овса на земном шаре. В его посевах (в мире более 30 млн га) явно преобладают пленчатые формы. Голозерные овсы (более требовательные к условиям произрастания) встречаются преимущественно в Юго-Западной Азии.

Овес приспосабливается к широкой гамме почв различных природных зон. Однако корни овса проникают в почву на меньшую глубину, чем корни других хлебов. В связи с этим он нуждается в хорошей увлажненности почв и даже не боится переувлажнения во второй период вегетации. Овес меньше чувствителен к кислотности, чем пшеница и ячмень, у него ниже потребность в питательных элементах. Поэтому овес является культурой главным образом влажных условий бореального и суббореального пояса. Это подзолистые и дерново-подзолистые почвы, серые и бурые лесные почвы, осушенные почвы-торфяники, торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые. Сильно кислые почвы с pH менее 5,0 (5,2) угнетают овес и нуждаются в известковании.

Овес лучше всего развивается на суглинистых и легкосуглинистых почвах. Он более устойчив на легких почвах, чем на тяжелых. Глинистые плохо дренированные почвы подходят меньше, потому что посевы склонны к полеганию и менее устойчивы к вредителям. То же самое относится и к песчаным почвам, из-за предрасположенности их к недостатку калия и быстрому пересыханию.

В степных районах овес дает хорошие урожаи на черноземах, особенно на оподзоленных, выщелоченных и типичных. В более сухих условиях на южных черноземах и каштановых почвах главным ограничивающим фактором становится недостаток влаги из-за неспособности овса использовать воду глубоких слоев почвы. Слабощелочные условия здесь не являются препятствием, и при оптимизации водного режима овес может давать хорошие урожаи. Овес чувствителен к солонцеватости и засоленности почв.

Овес лучше размещать после пропашных или зерновых бобовых культур. Он требует много азота, поэтому хорошим предшественником для него служат бобовые растения, особенно горох. Высевая овес после гороха, получают прибавку урожайности не менее 2–3 ц с 1 га. Высокие урожаи овес дает при размещении его после озимых культур, посеянных по удобренным парам. Очень ценные предшественники для овса в Нечерноземной зоне – картофель и лен-долгунец. Его не рекомендуется высевать после свеклы, так как это ведет к распространению общего для этих культур вредителя – нематоды. Овес плохо удается при возделывании его два года подряд на одном и том же поле. В связи с малой чувствительностью его к кислотности почвы в Нечерноземной зоне обычно с его посевов начинают освоение болотных почв.

7.2. Хлеба 2-й группы (просовидные): кукуруза, просо, сорго, рис, гречиха

Кукуруза. В современном мировом земледелии кукуруза по праву занимает одно из основных мест. Являясь растением универсального использования, наибольшее значение она приобрела в решении кормовой проблемы. Возделывается на всех континентах. Мировая площадь зерновой кукурузы находится в пределах 120 млн га, на значительных площадях ее возделывают как силосную культуру.

Кукуруза – аборигенное растение тропической и субтропической зон Америки. Происхождение сильно сказывается на ее природе. Это теплолюбивое и светолюбивое растение. Отличительная особенность кукурузы – мощная мочковатая многоярусная корневая система, основу которой составляют узловые корни, располагающиеся ярусами. Они способны проникать на глубину 2–4 м и распространяться в стороны до 1,5 м. На корнях обнаружены воздушные полости, которые свидетельствуют, с одной стороны, о повышенной чувствительности корней к наличию кислорода, а с другой – видимо, помогают кукурузе приспосабливаться к тяжелым заплывающим почвам. У кукурузы выявляют восемь подвидов, семь из которых имеют производственное значение. Наибольшее распространение в нашей стране получили зубовидный и кремнистый подвиды.

Главная, экологическая особенность кукурузы – высокая требовательность к влажности почвы в течение всего периода вегетации. Ее урожайность во многом определяется не самими свойствами почв, а уровнем увлажнения, что говорит о специфике экологических особенностей этой культуры. Высокие урожаи кукурузы получают на весьма разнообразных по свойствам почвах: черноземы выщелоченные, черноземы слитые, лугово-черно-земные, луговые почвы. Но всех их объединяет одно свойство – достаточный уровень увлажнения в период вегетации. На сухих карбонатных черноземах сборы зерна кукурузы резко снижаются. Отсутствие четкой коррелятивной связи между природными качествами почв и величиной урожая отмечено Ф. Я. Гаврилюком. В условиях достаточного увлажнения кукуруза прекрасно мирится с повышенной плотностью почв. В Краснодарском крае на глинистых слитых почвах получают высокие урожаи кукурузы, не меньше, чем на выщелоченных и типичных черноземах, отличающихся рыхлостью и хорошей оструктуренностью. Величина объемного веса корнеобитаемой толщи порядка 1,45–1,55 г/см^3 не оказывает на почвах Кубани заметного угнетающего воздействия, хотя по очень многим данным оптимумом для кукурузы являются величины 1,1–1,3 г/см^3. В Индии на легкосуглинистой почве изучалось последовательное уплотнение от 1,33 до 1,70 на интенсивность роста кукурузы. Происходило снижение роста, но особенно интенсивно с плотности 1,57 г/см^3 (Gupta). Повышение плотности влияет на поступление в растение кукурузы элементов питания – оно нарушается. Больше поглощается N и P и снижается содержание в растениях K, Na, Ca и Mg.

Кукуруза требовательна к богатству почвы органическим веществом и элементами питания. В связи с этим в главных районах возделывания лучшими для нее являются глубокогумусные почвы тяжелого механического состава. Это черноземы, каштановые почвы при орошении, луговые, лугово-черноземные почвы различных местообитаний, коричневые почвы. За рубежом превосходные условия для возделывания кукурузы представляют бруниземы, руброземы, субтропические черноземы и различные типы черных слитых почв. В США основные районы возделывания кукурузы приурочены к богатым, глубокогумусным и влажным бруниземам прерий, где количество выпадающих осадков превышает 600 мм. Плодородие легких почв для кукурузы зависит от их гумусности. Опыты во Франции показали (Suste), что при количестве гумуса менее 3 % выращивание кукурузы обречено на неудачу, от 3 до 4 % – будут получены урожаи ниже среднего и только при количестве гумуса более 5 % можно ожидать положительный хозяйственный эффект.

Хотя кукуруза и теплолюбива, ареал ее возделывания на силос проникает в умеренный пояс. В холодных условиях для кукурузы более подходящи теплые легкие почвы, раньше прогревающиеся. А на тяжелых суглинках и глинистых почвах бореального пояса она отстает в росте и дает пониженные урожаи зеленой массы.

Большинство зерновых просовидных культур отрицательно реагируют на содержание в почвах каменистых включений. Для кукурузы же содержание гравия только более 20 % оказывает неблагоприятное воздействие на рост корней. Меньшее же количество скелета оказывает благоприятное влияние, развитие корней улучшается (Babalola).

Родиной кукурузы являются районы Центральной и Южной Америки, где распространены различные типы ферраллитных почв, кислые и нейтральные, а также известковые варианты даже со щелочной реакцией среды. В связи с этим кукуруза отличается широким диапазоном оптимальных условий реакции среды от 6,0 до 8,5. Однако есть данные, указывающие на возможность успешного использования и более кислых почв (Somonte). На красных ферраллитных почвах максимальный урожай кукурузы получен при их известковании до pH 5,3. Дальнейшее увеличение pH не всегда повышает урожай. Следовательно, pH 5,3, можно считать кислотным пределом для оптимума. При величине pH 5,3 количество обменного алюминия изменялось от 0,01 до 0,3 мг.-экв на 100 г почвы.

В щелочном интервале pH, особенно на карбонатных почвах, на обилие фосфатов в почве кукуруза реагирует отрицательно – резким снижением продуктивности, так как возникает острая цинковая недостаточность.

Кукуруза не выносит солонцеватых почв и неустойчива к засолению. В полевых севооборотах кукурузу размещают после озимых колосовых, зерновых бобовых, а также после картофеля, сахарной свеклы, бахчевых и других пропашных культур, в пару – при уборке ее на силос. В районах недостаточного увлажнения не рекомендуется высевать эту культуру после подсолнечника и сахарной свеклы, сильно иссушающих почву на значительную глубину. Подсолнечник также сильно засоряет посевы падалицей, а при размещении кукурузы после свеклы ухудшаются условия питания – понижается усвояемость фосфатов.

По данным Донского НИИСХ, в Ростовской области лучшие предшественники кукурузы – зерновые бобовые и озимая пшеница, почву после которых обрабатывают по системе полупара. В южных районах кукурузу можно возделывать пожнивно и получать два урожая в год, убирая ее в молочно-восковой спелости. Распространены поукосные посевы кукурузы после кормовых культур, выращиваемых на зеленый корм и силос. Сама кукуруза, особенно возделываемая на силос, служит хорошим предшественником для многих культур, в том числе для озимой пшеницы и всех яровых зерновых.

В случае необходимости значительного насыщения севооборотов кукурузой ее можно выращивать несколько лет подряд на одном и том же поле. Высокие урожаи в этом случае получают при строгом соблюдении системы удобрения и всего агротехнического комплекса. Урожай уменьшается, если вносят мало удобрений и ведут недостаточную борьбу с вредителями, болезнями и сорняками.

Во многих районах страны целесообразно ввести кукурузо-люцерновые севообороты, где каждые 4–5 лет чередуются кукуруза и люцерна, которые дают 7–10 тыс. кормовых единиц с 1 га.

В Нечерноземной зоне выращивают кукурузу в выводных полях севооборотов, на так называемых постоянных участках, получая стабильные по годам урожаи зеленой массы Возделывание кукурузы в выводных полях целесообразно прежде всего в хозяйствах, где плодородных земель мало, поля севооборотов значительно отличаются по плодородию, удалены от ферм. Особенно это имеет значение для районов с бедными почвами, где кукуру-

зу целесообразно размещать в поймах рек и на других плодородных участках.

Способность этой культуры выдерживать монокультуру объясняется большой массой органических остатков, ежегодно остающихся в поле, небольшим накоплением в почве инфекции пузырчатой головни, резким снижением засоренности повторных посевов благодаря междурядным обработкам, использованию гербицидов. Хорошие результаты в Нечерноземной зоне дает также включение кукурузы в кормовые севообороты с короткой ротацией при чередовании с картофелем, корнеплодами, овощными культурами.

На основании большого экспериментального материала, опыта передовых хозяйств, лучшими предшественниками кукурузы в различных почвенно-климатических зонах страны определены следующие: на Северном Кавказе, Украине и в Молдавии – озимые хлеба, зерновые бобовые и бахчевые культуры, корнеклубнеплоды (в районах достаточного увлажнения); в Закавказье – зерновые бобовые и колосовые культуры; в Центрально-Черноземной зоне – зерновые бобовые культуры, озимые хлеба, картофель, сахарная свекла (в районах достаточного увлажнения); на Юго-Востоке страны – зерновые бобовые и овоще-бахчевые культуры, озимью и яровые хлеба; в республиках Средней Азии и южных областях Казахстана – зерновые бобовые и колосовые культуры, а также хлопчатник; в Нечерноземной зоне, где кукуруза возделывается только на силос, – озимые, картофель, корнеплоды и другие культуры, под которые вносят достаточное количество удобрений, пласт и оборот пласта многолетних трав; в этой зоне используют также постоянные участки, специально выделенные для возделывания кукурузы.

Просо. В мире культурных растений просо считают одним из самых древних возделываемых растений Евразии. Центром первичного формирования проса были районы Восточной и Центральной Азии, в частности Китая и Монголии, для которых просо, видимо, самая древняя пищевая злаковая культура.

Просо – один из наиболее полиморфных родов семейства злаковых в нем насчитывают около 500 видов. Среди них просо обыкновенное имеет самое широкое распространение в мировом земледелии (примерно 25 млн га). В сельскохозяйственной практике хорошо известны также и его ближайшие родственники – могар и чумиза, являющиеся подвидами итальянского проса. Районы происхождения проса отличаются известной за-

сушливостью климата. Экологически просо – растение аридной и субаридной зон. Это культура нейтральных и слабощелочных почв с оптимумом pH от 7,0 до 8,5. Наилучшие условия для проса наблюдаются на черноземах всех подтипов, каштановых, коричневых и серо-коричневых почвах. Просо относится к культуре, предпочитающей легкие суглинистые почвы, однако оструктуренные тяжелые почвы также дают хорошие урожаи. Просо можно возделывать на лесных почвах (серые, бурые, дерново-подзолистые), если они имеют глубокий пахотный горизонт и окультурены до нейтральной реакции среды. Поэтому просо часто называют культурой нетребовательной к почвам в том смысле, что оно может возделываться в разнообразных почвенных условиях.

Просо – засухоустойчивое растение. Мочковатая корневая система уходит на глубину до 120–150 см и в нижнем ярусе образует густое сплетение корней, отходящих в сторону на 100–120 см. Это позволяет просу использовать влагу глубоких горизонтов. В то же время корни обладают большой сосущей силой и извлекают воду из почвы при влажности, близкой к полуторной максимальной гигроскопичности.

Важна для проса высокая аэрация почвенного профиля. Всякое уплотнение почвы, переувлажненность, даже временная, глеевые явления, слитость – неблагоприятны и резко снижают урожай. Просо относительно солеустойчиво и может переносить слабую и среднюю солонцеватость. Малопригодны для проса скелетные каменистые почвы.

Просо очень плохо переносит бессменные посевы и весьма требовательно к предшественникам. Обусловлено это очень медленным ростом растений в начале развития, от чего они сильно угнетаются сорняками и поражаются болезнями (фузариоз, гельминтоспориоз и др.). Наивысшие урожаи этой культуры получают при посеве ее по целине и пласту многолетних трав при достаточном увлажнении почвы. В. Р. Вильямс относил просо к пластовым культурам. При высокой агротехнике, на полях, чистых от сорняков, оно дает наивысшие урожаи после зерновых бобовых и хорошо удобренного картофеля.

После кукурузы просо сеять не следует, так как обе культуры сильно поражаются кукурузным мотыльком. Если его нет, то кукуруза– хороший предшественник проса.

В Поволжье, в Украине и в других районах просо часто размещают после озимых, идущих по чистым парам.

Сорго. В XX в. в Европе и на американском континенте заинтересовались злаковой культурой африканского происхождения – сорго, известным в Юго-Восточной Азии еще за 3 тыс. лет до н. э. Оно привлекло к себе внимание своей засухоустойчивостью и жаростойкостью, возможностью возделывания в резко засушливых условиях, где культура кукурузы ненадежна. Сельскохозяйственная практика южноевропейских стран и США подтвердила, что сорго, по существу, не имеет себе равных по устойчивости к засухе. Мировые площади сорго стали достаточно быстро увеличиваться, достигли уже 45 млн га и продолжают расти. Кроме обыкновенного сорго широкое распространение в мире получили еще три вида – джугара, гаолян и суданская трава. По экологическим требованиям они близки к сорго обыкновенному.

Центром происхождения сорго считаются африканские саванны, с красно-бурыми и красно-коричневыми латеритизованными почвами. Обычно указывается, что сорго неприхотливо к почвам. Действительно, саванные почвы родины сорго малогумусны и не отличаются высоким плодородием. Их большая ожелезненность из-за ферраллитизованности и латеритизованности создает эффект псевдопеска, легкости гранулометрического состава. Поэтому сорго растет на супесчаных, легкосуглинистых и суглинистых почвах. Для сорго нет необходимости в высоком содержании органического вещества. Однако это не значит, что структурные хорошо гумусированные почвы глинистые и тяжелосуглинистые, неблагоприятны для сорго. Замечательная особенность сорго – высокая засухоустойчивость, способность переносить воздушную и почвенную засуху. Сорго может использовать влагу в почве, близкую к максимальной гигроскопичности, т. е. недоступную для большинства других растений.

Большую роль в экологическом приспособлении сорго к почвам играет очень мощная мочковатая корневая система, проникающая вглубь до 180–250 см, сильно разветвленная. Масса корней у сорго, как у большинства засухоустойчивых растений, намного превышает надземную биомассу и больше, чем у других однолетних растений. Это позволяет считать сорго культурой, которая облагораживает почвы, повышает их гумусовое содержание, а следовательно, и плодородие. На южных черноземах Поволжья сорго образует многоярусную глубокоуходящую корневую систему (Милюткин, Огурцов), распространяющуюся на глубину более 2 м. Это дает сорго возможность активно проти-

востоять засухе. Однако, несмотря на засухоустойчивость, позволяющую сорго давать хорошие урожаи при количестве выпадающих осадков 200–300 мм, эти растения активно реагируют на орошение увеличением общей продуктивности. Но заболачивание, близкий уровень грунтовых вод сорго переносит плохо.

Интересна особенность сорго приспосабливаться к широкому диапазону реакции среды. При увеличении pH от 5,2 до 5,6 урожаи сорго увеличиваются (Wolker), но дальнейшая нейтрализация среды не оказывает положительного воздействия. В интервале 5,6–7,1 в листьях и стеблях устанавливается оптимальная концентрация кальция и магния, до минимума снижается содержание алюминия и магния. Исследования поведения сорго в щелочном диапазоне (Singh) при pH 8,2; 8,5; 9,0; 9,5 показали, что угнетение сорго начинается в пределе 8,5 и 9,0. При pH 9,5 особенно сильное угнетение наблюдается при прорастании семян. В почвах высококарбонатных, в почвах бедных сильноизвесткованных могут наблюдаться явления хлороза из-за снижения способности поглощать фосфор, калий и железо.

Сорго устойчиво к засоленности и солонцеватости почв. Из зональных почв в суббореальном поясе для сорго благоприятны все черноземы южно-европейской фации, южные черноземы, каштановые, бурые полупустынные почвы. В субтропическом поясе для сорго хороши коричневые, серо-коричневые почвы и сероземы.

Сорго хорошо выносит повторные посевы и может возделываться на постоянных участках, если оно не поражается бактериозом. В севообороте сорго обычно размещают после зерновых бобовых, озимых, кукурузы и других культур.

Рис. Для половины человечества рис служит основным источником питания. Этим обусловлено его широкое распространение в мировом земледелии (около 145 млн га). Колыбель риса – тропические и субтропические районы Юго-Восточной Азии.

У риса выделяют 28 видов, однако практическое значение имеют лишь два вида – посевной и голый. Рис посевной преобладает в культуре, а в нашей стране возделывается только этот вид.

С экологических позиций рис является типичным представителем муссонного климата и по природе своей относится к группе растений-гидрофитов. Он произрастает при длительном затоплении. Наиболее оптимальны для риса полуаэробные условия, которые создаются затоплением небольшим слоем воды. Корневая система получает достаточное количество кислорода за счет его растворения из воздуха. В вегетационных опытах установлено

(Naphade), что в хорошо аэрируемой почве, увлажненной до полевой влагоемкости, урожаи риса снижаются. Не выдерживает рис и анаэробное состояние почвы. Это было установлено путем добавления к почвенному субстрату 0,3 % крахмала, при микробиологическом разложении которого поглощался весь почвенный кислород.

Корневая система риса мочковатая, пронизанная воздушными ходами, которые помогают снабжать растения кислородом. Основная масса корней располагается в поверхностных горизонтах, и поэтому рис хорошо использует почвы с неблагоприятными свойствами в нижней части профиля, глубже 40 см. К таким неблагоприятным свойствам можно отнести слитость, солон цеватость, латеритность. Всасывающая поверхность корней невелика, так как мало корневых волосков. Это предопределяет необходимость повышенного уровня эффективного плодородия пахотного горизонта, высокое содержание в нем органического вещества и включение в севооборот полей с многолетними травами, которые интенсифицируют процессы гумификации. Большое содержание гумуса в пахотном слое – одно из условий высокого плодородия почв для риса.

Рис удивительно индифферентен к реакции среды. Он одинаково хорошо растет как в кислых (pH 3,5–6,5), так и в щелочных условиях (pH 7,0–9,0). В условиях тропиков его возделывают на кислых красно-бурых, желтых и красных ферраллитных почвах. Однако установлено, что высокая кислотность тормозит рост проростков, а с возрастом чувствительность к кислотности быстро снижается. При рассадной культуре риса рекомендуется даже выращивать рассаду на грядках с нейтральной реакцией, а затем пересаживать в кислую почву (Thawornwong). Не чувствителен рис и к щелочным условиям. На Северном Кавказе рис осваивает сильно щелочные содовые солонцы.

По результатам лабораторных исследований В. П. Бобкова, проращивание семян риса в растворах соды различной концентрации позволило выявить их высокую содоустойчивость при прорастании. Опыты показали также, что при выращивании риса с затоплением в почвах с pH 3,4–3,5 отмечается интенсивное-подщелачивание почвенного раствора. в прикорневой зоне до слабокислого (pH 6,6), а в щелочных почвах (pH 9,6)– подкисление до pH 7,4. Оказывается, растение риса способно само создавать для себя более благоприятные условия. Они нейтрализуют избыточную кислотность и щелочность в прикорневой зоне. Автор делает

вывод о возможности выращивания риса на почвах с pH от 4,0 до 10,0.

Рис хорошо выносит среднезасоленные почвы с концентрацией солей не более 0,5 % и при содержании хлора менее 0,3 %.

Продуктивность риса зависит от способности почвы удерживать воду. Поэтому для риса лучше всего тяжелые плоховодонепроницаемые почвы. Оптимальные условия рис находит на почвах, которые сформировались при участии гидрофитной растительности и богаты органическим веществом. Это различные гидроморфные почвы – луговые, лугово-болотные, перегнойно-глеевые, разные варианты слитых почв. Такие прекрасные условия рис находит, например, в дельте реки Кубани. Хорошими почвами для риса являются слитые черноземы суббореального пояса, смолыницы и тырсы субтропиков, регуры и черные слитые почвы тропиков. Непригодны для риса легкие почвы, так как они обладают провальной водопроницаемостью. Однако, если легкие почвы подстилаются малопроницаемыми глинами, то они могут использоваться под рис при условии оптимизации режима питания. В таких условиях культивируют рис на Кубе, на приморских террасах с супесчаными латеритными псевдооподзоленными почвами на аллювиально-делювиальных тяжелых глинах с 50–80 см.

Следует считать недопустимым использование под рис черноземов и лугово-черноземных почв, не осложненных явлениями слитости. Эти почвы имеют высокую водопроницаемость и при затоплении быстро деградируют с развитием явлений слитости. Проблематично длительное использование под рис каштановых и других почв с сульфатным засолением глубоких горизонтов. Затопление создает анаэробные условия в нижних слоях почвы, вызывает восстановление сульфатов с образованием ядовитого для растений сероводорода.

При культуре риса на зональных почвах сухостепных территорий высокие урожаи в первые годы освоения оросительных систем не становятся стабильными. Со временем урожайность риса резко падает. Как показал опыт культуры риса в долине Западного Маныча, это связано с деградацией почв: подъем грунтовых вод, повышение их минерализации, вторичное засоление части участков чеков, осолонцевание и ощелачивание почв, интенсивное оглинивание, развитие слитизации и др. Для предотвращения этих явлений необходимы глубокий дренаж, укрупнение мелких чеков, химическая мелиорация, глубокое рыхление, щелевание,

посевы люцерны, внесение навоза, калийсодержащих и физиологически кислых удобрений и другие мероприятия (Попов).

Рисовые почвы по инициативе кубанских почвоведов (Черниченко, 2002) в классификационных построениях выделяются как самостоятельные таксономические единицы, что нашло отражение в классификации и диагностике почв Юга России (Вальков, Казеев, Колесников, 2002):

– рисовые лугово-каштановые;
– рисовые лугово-черноземные;
– рисовые луговые;
– рисовые аллювиальные луговые;
– рисовые аллювиальные лугово-болотные.

Рис выносит бессменную культуру, и она часто применяется в старых районах рисосеяния. Но при этом вскоре наступает заболачивание или засоление почвы, понижается жизнедеятельность аэробных микробов, накапливаются сероводород и закисные соединения железа. Все это приводит к сильному засорению почвы, снижению в ней содержания органического вещества и резкому падению урожая.

Рис периодически, через 2–3 г., необходимо чередовать с другими культурами, способными обогащать почву органическим веществом и подавлять сорняки. Лучшие предшественники риса – люцерна, клевер, зерновые бобовые в занятом пару (соя, горох, маш, вика и др.).

Типичны для рисовых районов следующие севообороты: 1–3) рис; 4) зерновые бобовые (занятый пар); 5–6) рис; 7) озимые с подсевом многолетних трав (клевер или люцерна); 8) многолетние травы на силос и зеленое удобрение. В этом севообороте 75 % площади занимают зерновые культуры, в том числе рис 62,5 %. Севооборот короткой ротации: 1–3) рис; 4) занятый пар (рис занимает 75 %).

Гречиха. Среди культурных растений гречиха широко известна как ценная крупяная культура. Ареал ее возделывания очень большой и включает практически все континенты. Однако мировая площадь гречихи сравнительно невелика – всего около 4 млн га. Низка и урожайность. Все это свидетельствует о скромных размерах ее производства. Именно по этой причине спрос на гречневую крупу значительно превышает предложение.

Гречиха – растение азиатского происхождения, однако большая часть мировых посевов (2,4 млн га), сосредоточена в Европе. Наша страна издавна была главным производителем гречихи.

Гречиха относится к семейству гречишных и по комплексу признаков существенно отличается от злаковых растений.

Родина гречихи – высокогорные влажные районы восточной части Азиатского материка (Индия, Гималаи) с промытыми и небогатыми почвами.

Гречиха – влаголюбивое растение. Оптимум увлажнения находится в пределах 70–80, % от полевой влагоемкости. При недостатке влаги начинает превалировать рост корней над надземной массой (Веремейчик, Николаев, Николаева).

В табл. 7.2 даны показатели оптимума и минимума.

Таблица 7.2

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для просовидных культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Кукуруза			
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,70
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–45	45–70	70–80
Обменный Na, % от ЕКО	–	2–3	
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–0,4
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–10
Просо			
Содержание гумуса, %	1–2	2–8	–
pH водной суспензии	6,5–7,0	7–8	8,0–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–30	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–10
Сорго			
Содержание гумуса, %	1–3	3–6	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–30	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–0,4

Окончание табл. 7.2

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–10
Рис			
Содержание гумуса, %	0,5–1,5	1,5–4,0	4,0–8,0
pH водной суспензии	3,5–6,5	6,5–8,7	8,7–9,0
Плотность, г/см^3	1,30–1,40	1,40–1,50	1,50–1,65
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	45–55	55–65	65–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–8	8–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,9	0,9–1,5
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–15
Гречиха			
Содержание гумуса, %	0,5–1,5	1–3	3–8
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	2,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–35	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–04
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–6	6–10

Корневая система стержневая, развита слабо. Может проникать на глубину 70–100 см, однако основная масса расположена в пахотном слое до 25–30 см. Необходима хорошая увлажненность этого слоя в период всей вегетации и, особенно, во время цветения и плодоношения.

В целом гречиху относят к растениям, не предъявляющим высоких требований к потенциальному плодородию, что связано со способностью ее корневой системы выделять муравьиную, щавелевую, лимонную кислоты и благодаря этому усваивать труднорастворимые фосфаты.

С. А. Захаров отмечал, что гречиха дает высокие урожаи как на высокогумусном пахотном горизонте, так и на малогумусных нижних горизонтах черноземного профиля. Это доказывает ее нетребовательность к гумусовому содержащие почвы. В сравнении с гречихой твердая пшеница и люцерна не способны к нормальному развитию на свежесрезанных планировкой горизонтах.

Гречиха лучше растет на легких почвах. Ее оптимум – суглинистый и легкосуглинистый гранулометрический состав. Тяжелые почвы с плохими физическим свойствами крайне неблагоприятны. Хорошо удается эта культура на дерново-подзолистых, серых и бурых лесных почвах различных подтипов. Среди черноземов лучшими являются малогумусные выщелоченные и оподзоленные подтипы. На почвах, богатых органикой и азотом, гречиха дает обилие зеленой массы в ущерб зерну. Она поглощает много калия, который в почвах всегда менее дефицитен, чем другие элементы, и которым всегда богаты маловыветрелые почвы. Не выдерживает гречиха засоление, солонцеватость, слитость, заболачивание. Оптимальная реакция среды слабокислая и нейтральная. В вегетационных опытах О. К. Кедрова-Зихмана урожайность растений составляла при pH 4,7 – 32,5 г, при pH 5,3 – 53,5 г, при pH 7,1 – 55,7 г на сосуд. Урожайность гречихи после пропашных, озимых и зерновых бобовых культур повышается на 15–40 % по сравнению с посевом после яровых зерновых культур. В юго-западных районах гречиха сама неплохой предшественник для озимых культур.

В районах с длительной теплой осенью и при выпадении осадков гречиху можно широко использовать для пожнивных посевов. Размещают ее после культур, рано освобождающих поле (озимый рапс, ячмень, рожь, ранние сорта картофеля и др.). В случае гибели озимых или ранних яровых культур гречиху можно использовать для их пересева.

Посевы гречихи очень выгодно размещать на участках, расположенных близко к лесным полосам и лесам. Они хорошо защищены от ветра, имеют повышенную влажность почвы и воздуха, кроме того, здесь больше насекомых-опылителей.

7.3. Зерно-бобовые культуры: горох, соя, фасоль, нут

Обширная группа культурных растений, семена и вегетативные органы которых в 2–5 раз богаче белком в сравнении со злаковыми, уже давно привлекает внимание человека. Некоторые бобовые растения (соя, арахис) занимают важное место в мировом производстве растительных масел.

Бобовые культуры обладают мощной стержневой, глубоко проникающей в почву корневой системой. В отличие от всех других растений им присущ симбиоз с клубеньковыми бактериями. Все

это дает бобовым культурам неоспоримые преимущества в плане повышения эффективности плодородия почвы. Например, важнейшая особенность гороха, как и всех других бобовидных культур, – его способность усваивать азот воздуха с помощью клубеньковых бактерий, поселяющихся на корнях. На площади 1 га в течение вегетационного периода при благоприятных условиях растения могут накопить в почве 100–120 кг азота (Керефов, 1975). Такое количество азота может заменить 20–25 т навоза. Кроме этого, бобовые культуры хорошо используют труднодоступные элементы минерального происхождения, особенно фосфор. Немало важен и тот факт, что не только семена, но и вся биомасса, остающаяся после уборке, особенно корневые системы растений, содержат повышенное количество белковых веществ, что оптимизирует аминокислотный потенциал почв. Все это создает благоприятную среду для последующих культур.

Решение весьма острой и сложной белковой проблемы мира в значительной мере определяется уровнем производства зерно-бобовых культур.

Горох. Важнейшая бобовая культура нашей страны происходит из районов Переднеазиатского генетического центра. Это очень древнее культурное растение с широким современным ареалом возделывания.

Горох посевной – основной возделываемый вид, отличается холодостойкостью, высокими требованиями к влаге, скороспелостью. По природе своей горох – культура богатых высокоплодородных почв. Он предъявляет высокие требования к хорошей аэрации и рыхлости почвы на большую глубину. Лучшие для него земли, как и для пшеницы, – черноземы различных подтипов, и уровень их плодородия пропорционален гумусовому содержанию. Горох плохо растет на плотных и бесструктурных почвах тяжелого гранулометрического состава, не выносит заболачивания, даже временного. Отрицательно реагирует на почвенную засуху. Угнетается на кислых почвах и нечувствителен к карбонатности. Хорошо растет в пределах pH от 6,0 до 8,5. Для гороха неблагоприятны песчаные и супесчаные почвы. Горох очень чувствителен к солонцеватости и засолению.

Необходимо отметить, что в процессе длительного возделывания, селекции и целенаправленного отбора сформировались экотипы гороха, отвечающие зональным природным особенностям. Это позволяет возделывать горох в нашей стране почти повсеместно, за исключением резко засушливых территорий.

Лучшие предшественники гороха – культуры, оставляющие поле чистым от сорняков, с достаточным количеством питательных веществ и влаги. К ним относятся озимые по пару и хорошо удобряемые пропашные культуры (картофель, корнеплоды, кукуруза и др.). Горох плохо выносит повторные посевы, так как поражается болезнями (фузариоз) и повреждается вредителями (долгоносик, плодожорка), в почве быстро размножаются нематоды. По этой же причине его нельзя размещать рядом с клевером, где зимуют клубеньковые долгоносики. Горох можно сеять и после яровых зерновых.

Многие исследователи рекомендуют возвращать горох на прежнее поле не ранее чем через 4 года.

Горох – ценный предшественник для других культур. Его часто помещают в севообороте между двумя зерновыми хлебами или между зерновыми и техническими. Скороспелые сорта высевают в занятых парах, и здесь они служат хорошим предшественником озимых культур во многих зонах страны.

Соя. В земледелии мира соя – ведущая бобовая культура. Ее площади еще в 1976 г. достигли 42 млн га, в 2005 г. – 93 млн га. Основные производители сои: США, Бразилия, Аргентина, Китай, Япония, Франция, Германия, Италия. Посевные площади сои, например в США, составляют 23 млн га, в России же только 400–600 тыс. га. Таким образом, соя как самая высокобелковая и одновременно масличная культура лидирует в мировом земледелии. Усиленно пропагандируется возделывание сои сейчас в России. Создан даже Российский соевый союз. Практика и научные исследования показывают высокую продуктивность посевов сои на Дальнем Востоке и Северном Кавказе.

Соя – древнейшее культурное растение мира. Центр ее происхождения – Юго-восточные районы Азии (Китай, Корея) с бурыми лесными почвами и желтоземами. Эти почвы являются лучшими для культуры сои. Они отличаются достаточной влажностью, слабокислой реакцией среды и среднегумусовым содержанием.

Из всех зернобобовых культур соя наиболее влаголюбива. Оптимальная влажность почвы около 80 % от наименьшей влагоемкости. Однако переувлажнение соя переносит плохо и при влажности выше 80 % дает излишний вегетативный рост, снижая количество зерна. В то же время мощно развитая корневая система помогает сое переносить кратковременный недостаток влаги в почве. Однако климатический недостаток влаги ограничивает урожайность сои. Так, в Ростовской области на большей части территории влаги достаточно

для получения урожая до 17–22 ц/га, а применение орошения позволяет получать гарантированные высокие урожаи в 30 ц/га (Соя. Технология возделывания в Ростовской области, 2005).

Соя – культура слабокислых почв. Нормальный роста и развитие сои протекает при реакции почвенной среды в интервале pH (KCl) 5,5–6,5. Смещение pH в ту или другую сторону ведет к угнетению растений (Гричун, 1977). Это соответствует pH водной суспензии на уровне 6,0–7,0. Известкование сильнокислых почв снижает содержание в растениях алюминия и увеличивает – кальция, улучшается деятельность клубеньковых бактерий. Обменный алюминий в количестве 5,5 м.-экв на 100 г почвы снижает урожай зерна на 50 % (Peres Colar, 1977).

Отношение к реакции почвенной среды оказывается неоднозначным. Селекционная наука, особенно работы ученых ВНИИСЗК и ВНИИМК, расширили сортовой ассортимент сои, вплоть до возможности ее культивирования на почвах нейтральных и слабощелочных. В Ростовской области рекомендуются сорта сои Веселовская 3, Зерноградская 2, Дон 21 и др., которые успешно осваивают черноземы и каштановые почвы, имеющие pH за пределами слабокислого интервала.

Соя малотребовательна к гранулометрическому составу и приспосабливается как к супесчаным, так и к глинистым почвам. Она не предъявляет высоких требований к богатству органическим веществом, хорошо растет на средне- и малогумусных лесных почвах, на богатых органикой бруниземах, черноземах и лугово-черноземовидных почвах, на осушенных торфяниках.

Соя отрицательно относится к карбонатности, не переносит засоление и солонцеватость. В опыте Ю. И. Иванова и Г. В. Удовенко (1976) соя оказалась самой чувствительной культурой к засолению среди ячменя, пшеницы, овса, сорго, кукурузы, нута, чины и др.

Опытами научных учреждений Дальнего Востока установлено отрицательное влияние повторных посевов сои в севообороте, а также преимущественно для нее севооборота перед монокультурой. Лучшие предшественники для сои – клевер, озимые, идущие по удобренному навозом пару, или кукуруза, размещенная по обороту пласта трав.

По данным Всероссийского НИИ сои, оптимальным является насыщение севооборота соей до 40 %, при 50 % насыщения урожайность сои снижалась с 15,5 до 13,2 ц с га.

Фасоль. Под этим названием объединяются около 200 видов, 20 из которых являются культурными. Они занимают в мировых посевах второе место после сои.

Полиморфный род фасоли включает две резко различающиеся географические группы – американскую (крупносемянную, из тропической Америки) и азиатскую (мелкосемянную, из Юго-Восточной Азии). Обе группы широко возделываются в мировом земледелии. Из нескольких видов фасоли, культивируемых у нас, наиболее распространена фасоль обыкновенная. Все виды фасоли теплолюбивые и требовательны к свету. Отношение к влаге у них различное – от сравнительной засухоустойчивости до ярко выраженной влаголюбивости.

Фасоль – культура нейтральных, слабокислых и слабощелочных почв. Хорошо растет на черноземах, коричневых, серо-коричневых почвах и на сероземах при орошении. Не реагирует на карбонатность почв. Дает хорошие урожаи при условии обеспеченности элементами питания, включая бурые и желто-бурые лесные почвы, красноземы и желтоземы даже легкого гранулометрического состава. Благоприятны для фасоли суглинистые почвы всех типов и оструктуренные сероземы тяжелосуглинистые и легко-глинистые. Слитость и солонцеватость переносит плохо. Неустойчива к засолению и заболачиванию.

Фасоль – прекрасный предшественник для яровых зерновых, а в южной увлажненной зоне и для озимых культур. В Средней Азии ее можно высевать пожнивно после озимых. Фасоль часто возделывают в смешанных посевах с кукурузой и картофелем.

Показатели оптимума и минимума даны в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для зерновых бобовых культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Горох			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,5–6,0	6,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	15–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–3	3–6
Соя			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–7,5	7,5–8,5

Окончание табл. 7.3

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–2	2–5
Фасоль			
Содержание гумуса, %	2–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–3	3–5
Нут			
Содержание гумуса, %	1–2	2–8	6–8
pH водной суспензии	6,0–6,5	7,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,2–0,3	0,3–0,5
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–4	4–8

Хорошими предшественниками считаются озимые. Размещают ее и после сахарной свеклы, картофеля и других культур. Не следует высевать фасоль после подсолнечника, так как она поражается склеротинией.

Нут. Культура из Средней и Передней Азии, возделывается издавна. Наиболее распространен нут культурный. Он представляет большой интерес для резко засушливого земледелия.

Корневая система нута хорошо развита и обеспечивает большую устойчивость против засухи. Хорошие урожаи дает на южных черноземах и темно-каштановых почвах, однако лучшие условия для нута складываются на типичных черноземах. Не требователен к гранулометрическому составу, удачно приспосабливается и к лег-

ким, и к тяжелым глинистым почвам при условии их хорошей оструктуренности. Очень отрицательно реагирует на слитость, заболачивание, близкие грунтовые воды.

Нут – культура нейтральных и слабощелочных почв. Оптимум pH 7,0–8,6. Может осваивать солонцеватые и слабозасоленные почвы. По требованиям к почвенным условиям к нуту очень близка чина.

Лучшие предшественники для нута – озимые и яровые зерновые, идущие после озимых. Как предшественник для яровых он приравнивается к пропашным культурам. В Крыму его можно высевать и в занятом пару. В Средней Азии нут хороший предшественник для хлопчатника.

8. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ МАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ: подсолнечник, клещевина, горчица, арахис, сафлор, кунжут

Подсолнечник. Ведущее масличное растение нашей страны и других районов умеренной зоны пришло с американского континента. Но родиной масличного подсолнечника стала, как известно, Россия. Подсолнечник – полиморфный род, в нем множество видов. Однако сельскохозяйственное значение имеет преимущественно один вид – подсолнечник культурный масличный (мировая площадь около 10 млн га).

Подсолнечнику присущи высокорослость, стержневой тин корневой системы, жесткое опущение всего растения. Его экологическая характеристика определяется холодостойкостью, ярко выраженной светолюбивостью, относительно высокими требованиями к влаге и почвам.

Родина подсолнечника – суббореальные и субтропические районы прерий Северной Америки с плодородными многогумусными бруниземами и руброземами. Поэтому подсолнечник предъявляет повышенные требования к плодородию почв. Экологически по отношению к почвам его можно поставить в один ряд с пшеницей. Лучшими для подсолнечника землями являются черноземы всех подтипов, близкие к ним лугово-черноземные и темно-каштановые почвы. Уровень плодородия этих почв для подсолнечника зависит от их гумусового содержания. Наблюдается прямая корреляция между урожайностью и запасами гумуса. Наибольшие урожаи семян подсолнечника получают на типичных и выщелоченных черноземах южно-европейской фракции с запасами гумуса около 600 т/га и мощностью гумусового горизонта 120–150 см. Хороши для подсолнечника также аллювиально-луговые и луговые почвы речных долин. Оценка плодородия почв для подсолнечника показана в табл. 8.1 (Карманов).

Мощно развитая и глубоко проникающая корневая система позволяет подсолнечнику извлекать влагу из большой толщи почвы. Благодаря этому, а также опушенности листьев и стебля подсолнечник считают достаточно устойчивым против жары и засухи в период до цветения. Однако в дальнейшем (и при цветении в особенности) он сильно угнетается засухой, что отрицательно сказывается на продуктивности.

Таблица 8.1

Баллы бонитета зональных подтипов почв для подсолнечника

Баллы бонитета	Почвы и регионы
Более 80	Лесостепные и обыкновенные черноземы Краснодарского края, Молдовы, Правобережной Украины; типичные черноземы Левобережной Украины
70–80	Обыкновенные черноземы Левобережной Украины, Ростовской области; южные черноземы Молдовы, Правобережной Украины
60–70	Типичные и обыкновенные черноземы ЦЧО; южные черноземы Ростовской области; темно-каштановые почвы Юга Украины
50–60	Типичные и обыкновенные черноземы Заволжья
40–50	Южные черноземы Поволжья

Подсолнечник – культура нейтральных и слабощелочных почв. Большую приспособленность он имеет в щелочном интервале. Хорошо растет на карбонатных черноземах Предкавказья с pH 8,4–8,6. На кислые почвы реагирует крайне отрицательно, очень чувствителен к обменному алюминию. На кислых почвах с pH 4,4–4,6 получали урожаи семян всего 11–42 % от уровня тех же, но нейтрализованных известью почв (Fog, 1974). Исследованиями F. Blamey обнаружена корреляция между содержанием токсичного алюминия и урожаем семян подсолнечника. Снижение уровня ионообменного алюминия на 0,1 м.-экв на 100 г почвы повышало урожай на 11 %, а снижение насыщенности почв алюминием на каждые 10 % увеличивало урожай семян на 17 %.

Подсолнечник часто относят к растениям, которые негативно реагируют на всякого рода плотные слитые почвы. Действительно, урожай на таких почвах с плотностью корнеобитаемой толщи более 1,45–1,50 г/см^3 значительно снижается. Однако подсолнечник способствует мелиорации тяжелых глинистых почв. Его стержневая, хорошо развитая корневая система с большим количеством боковых корней и проникающая на глубину 2–3 м воздействует на почву как рыхлитель. Ходы корней подсолнечника используются корнями последующих культур, способствуя глубокому освоению почвенной толщи.

Подсолнечник устойчив к засолению почвы и может применяться при мелиорации как культура-освоитель недопромытых земель. Песчаные, сильнозасоленные и солонцеватые, а также заболоченные почвы для подсолнечника не приемлемы.

В основных районах возделывания наиболее распространенным предшественником подсолнечника является озимая пшеница. Она

создает наилучшие условия для питания и водного режима растений подсолнечника. Однако эти условия заметно ухудшаются при посеве интенсивных сортов озимой пшеницы. Значительно возрастает также и расход воды на создание высокого урожая озимой пшеницы. Это приводит к снижению урожая подсолнечника, размещенного после высокоурожайных сортов озимой пшеницы.

В последующие годы установлено, что в районах недостаточного увлажнения хорошими предшественниками подсолнечника являются кукуруза, сахарная свекла, клещевина. В опытах ВНИИМК урожайность подсолнечника (в ц с 1 га) составляла при размещении его после озимой пшеницы 27,3, кукурузы – 28,5, клещевины – 28,6, сахарной свеклы – 27,3.

В этих районах хорошие урожаи подсолнечника получают также после озимого и ярового ячменя, после зерновых бобовых, за исключением фасоли, которая имеет общую с подсолнечником болезнь – склеротиниоз.

На Урале, в Западной и Восточной Сибири, в Северном Казахстане подсолнечник размещают преимущественно после яровой пшеницы.

Подсолнечник не следует высевать после суданской травы, люцерны и других полевых культур с мощной корневой системой, сильно истощающей нижние слои почвы.

Сам подсолнечник – хороший предшественник для яровой пшеницы, овса, ячменя и других яровых зерновых культур. Однако они нередко засоряются падалицей подсолнечника. Поэтому подсолнечник необходимо убирать своевременно и без потерь, а осенью проводить глубокую вспашку почвы, чтобы уничтожить проростки осыпавшихся семян.

В южных районах (Краснодарский край, Ростовская область и др.) после подсолнечника нередко высевают озимые культуры.

В севообороте подсолнечник не следует возвращать на прежнее место ранее 7–8 лет. Более частое возделывание приводит к распространению на его полях заразихи, болезней (склеротиниоз, ржавчина) и вредителей (подсолнечниковая моль, усач и др.).

Клещевина. Растение происходит из тропическеих районов Африки, на этом континенте, по мнению исследователей, она впервые вошла в культуру. Возделывается клещевина обыкновенная.

Как культурное растение клещевина известна с глубокой древности. Семена клещевины найдены в гробницах египетских фараонов. В культуре клещевина впервые введена в Африке, где ее можно видеть в окультуренном состоянии в виде изгородей и за-

щитных полос в селениях, вокруг плантаций табака, хлопчатника и батата. В старину проникла в Азию, значительно позже завезена в Америку и Европу. Сейчас главным производителем в мире является Индия. Мировая площадь возделывания клещевины составляет около 2 млн га.

В Россию клещевина завезена из Индии через Иран, в Туркестан, на Кавказ и Северный Прикаспий. В начале XIX в. один из саратовских помещиков, служивший в российском посольстве при персидском шахе, привез семена этого растения в Россию. Он развел клещевину в своем имении близ Царицина. С тех пор клещевина поселилась на юге Нижнего Поволжья и возделывается как декоративное растение.

Испытание свойств семян клещевины впервые провел врач Г. Гауровид. В 1830 г. он собрал два фунта семян одичавшей клещевины и посеял их на почве, подготовленной для овощных культур. В следующем году он повторил опыт, который также увенчался успехом. А в 1832 г. один из петербургских аптекарей получил из этих семян масло по густоте, цвету и вкусу, не уступавшее заграничным образцам (Минкевич, 1968).

Клещевина появляется в Кавказской области, Туркестане, Кубано-Черноморском округе. Получаемое из нее масло успешно используется в медицинских целях.

Опыты промышленной культуры клещевины в Средней Азии и на Кавказе доказали полную возможность успешного ее разведения. Однако эта культура вплоть до первой мировой войны не получила в России распространения ввиду неналаженности ее сбыта, удаленности мест ее возделывания от заводов, перерабатывающих семена на масло, а главное – из-за сильной конкуренции дешевого индийского сырья. В 1913 г. промышленных посевов клещевины в России не было и вся потребность страны в семенах и касторовом масле удовлетворялась за счет импорта.

Интерес к культуре клещевины снова возобновился в годы первой мировой войны, когда привоз семян из-за границы, обычно доставляемых их Индии через Одессу, прекратился.

В 1915 г. в России стал ощущаться острый недостаток касторового масла. При усиленной пропаганде, распространении посевного материала, авансировании поставщиков и гарантированном сбыте семян по высоким ценам в 1916 г. на Кавказе и Туркестане было засеяно 1500 га. После 1917 г. гражданская война, голод, резкое падение сбыта значительно сократили посевы клещевины. В 1920 г. ею было засеяно не более 500 га.

В последующие годы в связи с бурным развитием авиации, нуждающейся в незамерзающей смазке, культура клещевины приобрела исключительно важное значение во всех частях света и у нас в стране. В 1925 г. клещевиной было занято в Советском союзе, главным образом в Казахстане, 5200 га.

С каждым годом посевные площади ее стали быстро расти, центр ее разведения переместился на Северный Кавказ. В 1931 г. только здесь клещевина занимала 160 тыс. га. Это с избытком удовлетворяло потребность страны в касторовом масле. Сократившаяся площадь посева в период Великой Отечественной войны, вследствие оккупации Кубани, в послевоенные годы были восстановлены и в 60–70 годы. составляли около 200 тыс. га.

Драматична судьба клещевины. В 80-е годы посевы клещевины стали сокращаться. Резко возрос индийский импорт. В 90-е годы клещевина на Северном Кавказе уже не встречалась.

Черноземные районы возможного возделывания клещевины на Северном Кавказе, как показывает опыт предшествующих десятилетий, оптимальны для многих сортов, в том числе созданных селекционерами Кубани и Дона (табл. 8.2).

Растения не попадают в период вегетации ни под весенние, ни под осенние заморозки. Температуры летнего периода (июль-август) оптимальны (более 20–30 °С) для нормального развития клещевины и получения доброкачественных семян.

Таблица 8.2

Биоклиматические особенности экологии клещевины

Показатели	Требования клещевины к биоклиматическим условиям	Биоклиматические условия региона
Сумма среднесуточных температур вегетационного периода (более 10 °С)	2500–3500	3000–3800
Годовое количество осадков, мм	350–500	360–700
Оптимальная температура почвы при массовом прорастании семян в начале мая	15 °С	15–20 °С
Продолжительность вегетационного периода от всходов до созревания семян, дни	115–140	150–160

Центр происхождения клещевины – саванны восточной Африки с красно-бурыми и красно-коричневыми почвами. Для этих почв характерен гумусовый горизонт небольшой мощности с малым содержанием гумуса, железисто-облегченный механический состав, реакция среды близкая к нейтральной, промытость от легкорастворимых солей. Такие же условия необходимы для культурных растений. Клещевина не предъявляет повышенных требований к

гумусовому содержанию почв. Хорошо растет на супесчаных и суглинистых почвах разных типов, а также на тяжелосуглинистых и глинистых структурных черноземах.

Клещевина не предъявляет повышенных требований к богатству субстрата, так как обладает способностью осваивать большой объем почвы и почвообразующей породы (до 2–3 м^3). Она формирует мощную корневую систему, которая состоит из стержневого и 3–6 боковых корней, от которых отходят многочисленные ответвления, дающие мелкие корни с хорошо развитой сетью корневых волосков, охватывающей большую массу почвы в виде сплошной белой паутины. Стержневой корень может проникать на глубину 2–4 м, боковые по горизонтали простираются на 1,5–2,0 м. При недостатке влаги корни сильно растут вглубь, мало ветвясь в верхних горизонтах. Большая масса корневой системы, а она составляет 60–70 % от всей биомассы растения, позволяет клещевине приспосабливаться к засушливым периодам. В то же время это растение положительно реагирует на хорошее увлажнение, что предопределено генетически прародителями культурного растения. В саваннах восточной Африки характерно чередование сухих и влажных периодов года.

Большая масса корневой системы позволяет считать клещевину мелиоративным растением, обогащающим почву органическими веществами, материалом для создания гумуса, повышающим плодородие почвы при нормальной урожайности семян около 15 ц/га. Отмечена разрыхляющая почву функция клещевины.

Мощность корнеобитаемой толщи, способной обеспечивать растения питанием, влагой и воздухом – составляет не менее 2,0 м. Эта корнеобитаемая толща должна обладать всеми характеристиками, отвечающими требованиям экологии клещевины (табл. 8.3). Мощность гумусового горизонта не лимитирует произрастания растений.

Наиболее оптимальны для клещевины черноземы теплой южно-европейской фации. Они встречаются в Ставропольском и Краснодарском краях и на юге Ростовской области. В прошлом именно на этих почвах получали устойчивые высокие урожаи семян клещевины. В Краснодарском и Ставропольском краях встречаются следующие подтипы черноземов: выщелоченные, типичные, обыкновенные (карбонатные) и южные (каштановые). Среди этих подтипов менее пригодны для возделывания клещевины южные (каштановые) черноземы, встречающиеся в Краснодарском крае на Таманском полуострове, а в Ставропольском крае – в засушливых районах, на границе с зоной каштановых почв. Тем более, что на Северном Кавказе каштановые черноземы являются прекрасными

землями для возделывания высококачественного винограда, составляя вместе с почвами Абрау-Дюрсо, Анапы основной земельный фонд для виноградной лозы.

Таблица 8.3

Почвенно-экологические особенности возделывания клещевины в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях на черноземных почвах

Почвенно-экологические показатели	Экологический оптимум для клещевины	Экологическая характеристика черноземов Предкавказья
Мощность корнеобитаемой толщи, см	200	Более 200
Мощность гумусового горизонта А+АВ, см	Около 60	70–150
Содержание гумуса в слое 0–20 см, %	2,5–4,0	3,0–4,5
Запасы гумуса, т/га	250–400	300–650
Тип гумуса	Гуматно–фульватный и фульватно–гуматный	Фульватно–гуматный
pH водной суспензии в слое 0–70 см 70–200 см	 6,5–8,0 8,0–8,4	 7,0–8,0 8,0–8,4
Плотность, г/см3 в слое 0–70 см 70–200 см	 1,35 1,40–1,45	 1,35 Около 1,45
Порозность (пористость), % в слое 0–70 см 70–200 см	 45–50 Около 50	 45–50 Около 50
Гранулометрический состав, содержание частиц ниже 0,01 м, %	Супесчаный, суглинистый, рыхлый структурный глинистый и тяжелосуглинистый, 15–60	Большей частью рыхлый структурный глинистый, 50–60
Скелетность (каменистость), % от объема	Менее 10	Скелетность практически не встречается
Солонцеватость, % обменного натрия от суммы катионов	Менее 5	2–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	среднеустойчива, входит в одну группу пшеницы и подсолнечника менее 0,200–0,225	Менее 0,150
Сумма поглощенных оснований, м.-экв на 100 г почвы	15–40	30–40
Содержание $CaCO_3$, % в слое 0–50 см 50–200 см	 Менее 1 5–8	 Менее 1 4–9
Глубина залегания грунтовых вод при минерализации менее 2 г/л более 2 г/л	 1,5–2,0 м Глубже 2,5 м	 Глубже 3 м Глубже 3 м
Тип водного режима	Периодически промывной	Периодически промывной

В Ростовской области встречается только один подтип черноземов южно-европейской фации: черноземы обыкновенные, чаще называемые здесь черноземами предкавказскими и северо-приазовскими.

Преобладающий род черноземов – черноземы обычные, которые вобрали в себя все положительные качества черноземообразования. Однако в отдельных районах в связи с местными особенностями почвообразования могут встречаться роды черноземов, неудовлетворительные для возделывания клещевины. На крупномасштабных почвенных картах бывших колхозов и совхозов они показаны как черноземы солонцеватые, мочаристые (вторично заболоченные), глубоко солончаковатые, остаточно луговые уплотненные, слитые, неполноразвитые (на элювии каменистых пород).

Среди подтипа выщелоченных черноземов почти повсеместно в микродепрессиях рельефа (западинах) встречаются лугово-черноземные слитые поверхностно-гидроморфные почвы, на которых в периоды дождей сельскохозяйственные культуры вымокают. Площадь таких почв в отдельных случаях может достигать 30–40 % от площади всей пашни. Относительно невлажные годы эти почвы дают урожай, но ниже, чем на окружающих черноземах. Поэтому подзону выщелоченных черноземов в районе Краснодара (аллювиально-аккумулятивная равнина с покровом лессов) следует лучше считать не перспективной для возделывания клещевины.

Черноземы не равноценны по уровню плодородия. Если дать примерную бонитировочную оценку черноземов для клещевины, то получается следующая картина. Типичные черноземы Краснодарского края в районе Кореновск-Выселковская можно оценить в 100 баллов, черноземы Ростовской области – 70–80 баллов, черноземы Ставропольского края – около 80 баллов. Такая оценка связана с увлажненностью территорий и видовым разнообразием черноземов. По мощности гумусовых горизонтов А+АВ выделяют среднемощные черноземы – менее 80 см, мощные – 80–120 см, сверхмощные – более 120 см. Выделяются также слабогумусированные черноземы – гумуса содержат менее 4 % (3–4 %) и малогумусные более 4 % (4–5 %). В предгорных районах могут встречаться среднегумусные черноземы (6–9 %).

Неблагоприятны для клещевины переувлажненные, заболоченные почвы, не пригодны солонцеватые и засоленные роды почв любых типов и подтипов, а также почвы с признаками оглеения.

Черноземы Предкавказья обладают достаточным уровнем потенциального запаса основных химических элементов. Клещевина при урожае 16 ц/га потребляет: азота 103, фосфорной кислоты 24,

калия 84, кальция 94, магния 27 кг/га (Минкевич, 1968). Примерно 75 % этих элементов возвращаются в почву с пожнивными и корневыми остатками и включаются вещественно и энергетически в почвообразовательный процесс. Рассматриваемые почвы на многие десятилетия обеспечены потенциально калием, кальцием, магнием. Возможен недостаток азота в начальные периоды вегетации при низкой биологической активности почвы. Фосфор имеет тенденцию связываться в черноземах Предкавказья в труднодоступные формы (терехкальциевый фосфат). Однако клещевина способна повышать растворимость связанных фосфатов.

Социально-экономические потрясения общества провоцировали кризисные явления и в сельском хозяйстве, включая растениеводство и обусловленные им многие отрасли перерабатывающей промышленности, вплоть до исчезновения некоторых из них. Так получилось и с клещевиной. Она исчезла из структуры посевных площадей. Прекратилась ее переработка на рициновое масло. Громаднейший спектр отраслей промышленности и транспорта попал в зависимость от импорта и в первую очередь из Индии.

Нарушена логика здравого смысла. Почему оказалось проще импортировать продукты выращивания клещевины, чем получать их здесь, в России. Выходит, затраты на производство в нашей стране превышают транспортные издержки по привозу из-за тридевять земель. Продуктивность возделывания клещевины в России, выход касторового масла на гектар не уступают, если не выше, чем у индийских земледельцев.

Клещевину в севообороте размещают после озимой пшеницы, кукурузы и зерновых бобовых культур. Сама клещевина – хороший предшественник для яровых и озимых хлебов.

Горчица. Это одно из древних растений, происхождение которого относят прежде всего к Среднеазиатскому генетическому центру. В культуре возделывается два вида горчицы – сизая (сарептская) и белая. Их площадь в нашей стране превышает и 250 тыс. га. Горчица – холодостойкое растение (особенно белая). У нее стержневая корневая система, глубоко проникающая в почву даже с уплотненным подпахотным горизонтом. Горчица сизая более засухоустойчива и является ведущим техническим растением в сухой степи юго-востока страны. Этот вид в посевах преобладает.

Для горчицы лучшими являются нейтральные и слабощелочные черноземные и каштановые почвы. Не выносит переувлажнения, слитости. Мирится со слабой солонцеватостью.

Лучшие предшественники горчицы – озимые, зерновые, бобовые и пропашные культуры. Ее не следует размещать после масличных семейства Капустные, так как они имеют общих вредителей (земляная блошка и др.).

Арахис. Ценнейшее бобовое и масличное растение, происходит из Южио-Американского генетического центра. Для Старого Света – это сравнительно новое растение, хотя на родине арахис введен в культуру очень давно. Наибольшее распространение получил арахис культурный или подземный. Мировые посевы достигли 15 млн га. У нас площади арахиса незначительны.

Специфическая особенность арахиса – подземное расположение плодов, обусловливает особый характер экологии этого растения. Арахис теплолюбив, влаголюбив.

К почвенному плодоролдию арахис умеренно требователен и лучше растет на хорошо гумусированных почвах легкого гранулометрического состава. Это супесчаные и суглинистые почвы, рубороземы и черноземы, коричневые почвы субтропиков, фераллитные красно-коричневые и красно-бурые почвы тропических саванн. На легких почвах на корнях арахиса образуются вздутия клубеньковых бактерий, поэтому арахис считается культурой, повышающей плодородие почв. На тяжелых почвах, например на выщелоченных черноземах Предкавказья, глубеньковые бактерии не развиваются. Весьма требователен арахис к рыхлости пахотного горизонта, поэтому все почвы, склонные к образованию корки, неблагоприятны для этой культуры. К таким образованиям относятся тяжелосуглинистые и глинистые черноземы с сильно разрушенной структурой пахотного горизонта, солонцеватые и заболоченные почвы. На почвах с большим содержанием карбонатов арахис страдает хлорозом, непригодны для него сильнокислые почвы, а также засоленные.

Неудачны для арахиса без орошения сухие каштановые и серокоричневые почвы, так как он требует повышенной влажности, особенно в период цветения и до конца образования плодов, однако в конце вегетации легко переносит засуху.

Арахис размещают после озимой пшеницы, кукурузы, клещевины, кунжута. Сам арахис является хорошим предшественником для многих полевых культур.

Сафлор. Ценное масличное и красильное растение, вышедшее из Средиземноморского генетического центра. Сафлор экологически приурочен к степям и полупустыням. Он теплолюбив и засухоустойчив.

Сафлор хорошо растет на каштановых почвах, южных черноземах, серо-коричневых почвах. Глубокая (1,5–2,0 м) стержневая сильно ветвящаяся корневая система способна хорошо усваивать влагу и питательные вещества из большой толщи почвы и материнской природы. Сафлор не предъявляет высоких требований к богатству почв, к содержанию гумуса. Он не переносит избыточной увлажненности, заболоченности, кислотности почв, близких грунтовых вод. Не оптимальны для сафлора и автоморфные влажные почвы – желтоземы и красноземы, выщелоченные и оподзоленные черноземы, бурые лесные почвы. Сафлор относят к солеустойчивым культурам.

В севообороте сафлор часто размещают после озимой пшеницы и кукурузы. Сам сафлор считается хорошим предшественником для яровых зерновых культур.

Кунжут. Как культурное растение, дающее масло, по качеству близкое к прованскому, кунжут известен с глубокой древности. Это растение африканского происхождения, хотя расцвет культура получила в Индии, с чем связано и название самого распространенного в практике вида – кунжут индийский.

Кунжут – теплолюбивое, влаголюбивое и требовательное к свету растение теплых и умеренно-влажных субтропических условий с коричневыми почвами и руброземами. В суббореальном поясе для кунжута более благоприятны черноземы южно-европейской фации. Хорошо растет на почвах речных долин (аллювиально-луговые, луговые, лугово-черноземные). Кунжут – культура легких супесчаных и суглинистых почв. Слитые образования, тяжелые почвы, образующие корку, засоленные, заболоченные, солонцеватые для кунжута непригодны.

Лучшие предшественники кунжута – озимая пшеница, кукуруза и зерновые бобовые культуры.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для масличных растений

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Подсолнечник			
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,46	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–40	4,–60	60–75

Продолжение табл. 8.4

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 5	3–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,5	0,5–0,8
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–6	6–15
Клещевина			
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–15	15–60	60–80
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 5	5–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	0,1–0,2	0,2–0,5	0,5–0,8
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–8
Горчица			
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	–
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–60	60–80
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–6	6–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	0,1–0,2	0,2–0,5	0,5–0,8
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–10
Арахис			
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	–
pH водной суспензии	6,0–6,51,0–1,35	6,5–8,0	8,0–8,7
Плотность, г/см^3	10–25	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	–	25–60	60–80
Обменный Na, % от ЕКО	0,1–0,2	3–5	5–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,2–0,5	0,5–0,8
Содержание $CaCO_3$, %		0–5	5–10

Окончание табл. 8.4

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Кунжут			
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–50	50–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	1–5	5–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,4	0,4–0,5
Содержание $CaCO_3$, %	–	0,1–1,0	1,0–3,0

9. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР: кориандр, анис, тмин, мята перечная, шалфей мускатный, лаванда, роза эфиромасличная

Среди масличных культур выделяют сравнительно большую группу растений, возделываемых ради получения эфирных масел – летучих ароматических веществ различной химической природы. В России культивировалось около 30 видов эфиромасличных растений разной ботанической принадлежности. Среди них есть однолетние (кориандр, анис), двулетние (тмин) и многолетние (мята, шалфей, лаванда, роза).

Происхождение эфиромасличных культур связывают в основном с районами Средиземноморья, Малой и Центральной Азии. Для этой группы растений характерны преимущественно стержневой тип корневой системы (у мяты – корневище), высокая холодостойкость, требовательность к влаге (за исключением шалфея) и светолюбивость.

Кориандр. Кориандр развивает глубокую стержневую корневую систему, проникающую на глубину 1,0–1,5 м. Однако 80 % массы корней сосредоточено в слое 0–40 см. Требователен к богатству почвы органическим веществом и элементами питания. Лучшие условия для кориандра – на почвах с высоким плодородием верхних горизонтов. Это тяжелосуглинистые и легкосуглинистые хорошо оструктуренные черноземы всех подтипов, а также среднесуглинистые темно-серые и бурые лесные почвы. Глинистые почвы лесных типов почвообразования менее благоприятны для кориандра, так как склонны к заплыванию. Непригодны для кориандра слитые почвы, переувлажняемые и различные роды оглеенных почв. Отрицательно реагирует на легкий гранулометрический состав, высокую кислотность (pH ниже 6,0), скелетность почвенного профиля, высокую карбонатность. При малом содержании в почве извести (менее 2 %) развивается хорошо, например на карбонатных черноземах Предкавказья. Предел щелочных условий для кориандра – pH 8,5.

Кориандр происходит из Средиземноморья, поэтому его почвенно-экологический оптимум определяется почвами, близкими к коричневому субтропическому типу. В России это черноземы типичные и обыкновенные восточно-европейской фации и особенно черноземы южно-европейской фации на Северном Кавказе.

Глубокая корневая система позволяет переносить недлительную почвенную засуху, поэтому кориандр удается и на темно-каштановых почвах. Неустойчив к солонцеватости и засолению.

В севообороте кориандр размещают после озимых и ранних зерновых хлебов, зерновых бобовых, кукурузы, картофеля и других культур.

Анис. Корневая система аниса склонна к развитию в поверхностных горизонтах, ее основная масса находится в слое 0–30 см, а глубина проникновения корней ограничивается слоем до 60–70 см. В связи с этим анис предъявляет высокие требования к плодородию и влажности почвы. Лучшие условия для него складываются на черноземах обыкновенных, типичных, выщелоченных, оподзоленных. Хорошие урожаи дает на темно-серых и бурых лесных почвах. Оптимальная реакция среды 6,5–7,2. Отрицательно реагирует на карбонатность почв. По данным И. А. Лукьяненко, на слабовыщелоченном черноземе анис давал урожай 6,4 ц, а на карбонатном – всего 2,5 ц с 1 га. Неблагоприятны для аниса и кислые дерново-подзолистые почвы.

Анис плохо растет на бесструктурных глинистых почвах и на легких песчаных и супесчаных. Не выносит засоления, солонцеватости и заболачивания. Плохо растет на каменистых и скелетных почвах, особенно известкового происхождения.

В севообороте анис размещают после озимых и пропашных культур. Его нельзя высевать после кориандра, который засоряет посевы падалицей.

Тмин. Культура тмина хорошо удается на многих почвах, имеющих достаточное увлажнение. Тмин очень влаголюбив, поэтому основные ареалы его возделывания характеризуются условиями с коэффициентом увлажнения более 0,75. Это черноземы типичные, выщелоченные, оподзоленные, серые и бурые лесные, дерново-подзолистые почвы. Почвы лесных типов для тмина нуждаются в известковании и интенсивном окультуривании. Тмин не выносит кислой реакции среды, pH ниже 5,5. В то же время тмин вполне мирится с карбонатностью и успешно растет на дерново-карбонатных и луговых мергелистых почвах. Не требователен к гранулометрическому составу, хорошие урожаи получают на легких почвах, если обеспечен оптимальный режим питания.

При влаголюбивости тмин не переносит переувлажнения и заплывающих почв, а также слитых и глеевых. Крайне неустойчив к засолению и солонцеватости.

Лучшие предшественники тмина – озимые хлеба, идущие по унавоженному пару, и зернобобовые культуры.

Мята перечная. Родина мяты – Англия. Это растение умеренно-холодных и влажных почв. Хорошие условия находит на аллювиально-луговых почвах с близким состоянием грунтовых вод, но обязательно не застойных и минерализацией менее 0,7 г/л. Благоприятны низинные осушенные торфяники, а также почвы лесных типов при условии обогащенности органическим веществом. Предпочтителен среднесуглинистый гранулометрический состав. Однако при использовании черноземов типичных, выщелоченных и оподзоленных возможна более тяжелая гранулометрия. Оптимум увлажнения 60–80 % от полевой влагоемкости. Крайне чувствительна к засолению и солонцеватости, не выносит и очень кислых почв. Отрицательно относится и к известковым почвам.

Наиболее высокие урожаи мяты получают при размещении ее после удобренных пропашных культур (катофель, сахарная свекла), а также а также после озимых, идущих по удобренным парам и обороту пласта.

Шалфей мускатный. Шалфей развивает стрежневой корень, проникающий на глубину 130–150 см. В слое 0–40 см развивается обильная сеть боковых корней. Он требователен к плодородию верхних горизонтов и хорошо переносит почвенную засуху, используя влагу глубоких горизонтов почвы. Оптимальна для шалфея нейтральная и слабощелочная реакция среды с pH 6,8–8,5 (8,6). Хорошие условия шалфей находит на черноземах, южно-европейской фации, в том числе и на карбонатных, а также на коричневых почвах. Успешно осваивает нейтральные насыщенные бурые лесные почвы и рендзины, даже при их высокой щебневатости. Прекрасные условия для шалфея складываются на аллювиально-луговых и лугово-черноземовидных почвах речных долин. Лучший гранулометрический состав – тяжелосуглинистый и среднесуглинистый. Неустойчив к солонцеватости, засолению и близким грунтовым водам, к слитости.

Под шалфей отводят специальные участки вне севооборота, где он произрастает в течение 2–3 лет.

Лучшим предшественником шалфея при его весенних посевах являются озимые хлеба. При посеве в другие сроки шалфей чаще размещают после среднеспелых яровых культур.

Лаванда. Произрастает на многих почвах южно-европейской фации. Развивает мощную корневую систему, проникающую на рыхлых почвах до глубины 200 см. Хорошо осваивает грубо-ске-

летные хрящевато-щебнистые почвы, в том числе и мергелисто-известняковые. Растет на нейтральных и слабощелочных почвах, не чувствительна к высокой карбонатности. Оптимум pH 6,5-8,5. Рентабельна на бедных почвах легкого гранулометрического состава, на эродированных землях, где зерновые культуры малоурожайны. Однако лучшие условия для лаванды – на черноземах типичных, выщелоченных к карбонатных, на различных подтипах коричневых почв.

Для лаванды не рекомендуются переувлажненные глеевые почвы, солонцеватые и засоленные, с грунтовыми водами ближе 150–200 см, слитые почвы.

Роза эфиромасличная. Роза – кустарник умеренно-влажных южных суббореальных и субтропических почв. Хорошие плантации розы располагаются на всех подтипах черноземов южно-европейской фации на коричневых почвах, на темно-серых и насыщенных бурых лесных почвах. Оптимум pH 6,5–8,5, а на карбонатных черноземах и 8,5. Однако сильнокарбонатные, особенно уплотненные, почвы типа рендзин для розы непригодны. В этих условиях роза болеет хлорозом, становится малоурожайной или полностью погибает. Роза не чувствительна к скелетности почвы, если щебнисто-хрящеватая часть почвы не имеет мергелисто-известняковое происхождение. Например, хорошие плантации розы в Крыму расположены на скелетных (шиферных) бурых лесных почвах, сформированных на глинистых сланцах.

Для розы неблагоприятны заболоченные почвы. При уровне грунтовых вод ближе 150 см проявляется заболеваемость корня и насаждения погибают. Нельзя производить посадки розы на различных типах слитоземов, а также на серых лесостепных почвах со слитым горизонтом. Неприемлемы и глеевые роды лесных и долинных почв.

Показатели оптимума и минимума приведены в таблице.

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для эфиромасличных культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Кориандр			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–40	44–60	60–70

Продолжение.

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,4
Содержание $CaCO_3$, %	–	0-2	2-4
Анис			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,2	7,2–8,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–40	40–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	2–4	4–6
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,4
Содержание $CaCO_3$, %	0–0,5	Бескарбо-натность	0,5–1,0
Тмин			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	2–4	4–6
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,4
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–2	2–4
Мята перечная			
Содержание гумуса, %	2–4	4–10	–
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–40	40–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	2–4	4–5

Окончание

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–0,5	0,5–1,5
Шалфей мускатный			
Содержание гумуса, %	2–4	4–6	–
pH водной суспензии	6,0–6,8	6,8–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,4
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–2,5	2,5–5,0
Лаванда			
Содержание гумуса, %	2–4	4–6	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–70
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–3,0	3,0–5,0
Роза эфиромасличная			
Содержание гумуса, %	1–4	4–6	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	2–3	3–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–1,5	1,5–3,0

10. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ПРЯДИЛЬНЫХ КУЛЬТУР: хлопчатник, лен, конопля

Несмотря на все увеличивающееся производство изделий из искусственного волокна, потребности мирового рынка в волокне растительного происхождения не только не уменьшаются, а, как свидетельствует практика, растут. В целом ряде случаев оно незаменимо.

В зависимости от местоположения волокна на растениях прядильные культуры принято делить на три группы: с волокном на семени (хлопчатник), на стебле (лен, конопля и другие лубяные; культуры) и на листьях (новозеландский лен, текстильные банан и агава и др.).

Хлопчатник. В мировом производстве растительных волокон хлопчатник давно занимает лидирующее положение и дает сегодня около 85 % прядильного, сырья. Его возделывают более 80 стран. Мировая площадь хлопчатника превысила 34 млн га.

Хлопчатник – очень древнее культурное растение с широчайшим современным ареалом. В земледельческой практике возделывают несколько видов. Эти виды вышли из разных генетических центров (Центрально- и Южно-Американского, Индостанского, Африканского, Австралийского) и экологически обособлены. Известно, что хлопчатник 5 тыс. лет назад уже использовался как прядильная культура.

Экология хлопчатника определяется его теплолюбивостью, сравнительной засухоустойчивостью (благодаря мощно развитой корневой системе) и светолюбивостью. Это культура субтропического пояса с нейтральными и щелочными почвами. Оптимальная реакция среды для хлопчатника – сероземы, серо-коричневые, лугово-сероземные, руброземы, а в условиях тропиков – красно-бурые и красно-коричневые. Хороши для хлопчатника различные почвы аллювиального происхождения.

Корневая система хлопчатника стержневая, хорошо развита, проникает в глубину почвы до 2,5–3,0 м и в ширину до 1,5–2,0 м. Это обеспечивает относительную засухоустойчивость растений. В то же время близкий уровень грунтовых вод ограничивает корнеобитаемую толщу. Поэтому хлопчатник не переносит близкий уровень грунтовых вод. Их оптимальная глубина 1,0–1,5 м. В Египте на аллювиальных почвах при глубине грунтовых вод 167 см урожай составлял 21–27 ц/га хлопка-сырца, а при 72 см – всего 4,8 ц/га (Anter, Omer, 1971).

Хлопчатник не требователен к содержанию гумуса в почвах при условии обеспеченности элементами питания. Легко переносит бесстктурность почвы и ее слитость. Хорошо растет на такырах и лугово-такырных почвах, на тырсах, регурах и других черных слитых тропических почвах. Регуры – это индийское название черных веритисолей. В мировой практике их часто называют «черные хлопковые почвы».

Оптимальная влажность почвы для хлопчатника находится на уровне 70 % от полевой влагоемкости, а при влажности 40 и 90 % урожаи снижаются (Рахимов, 1971). Поэтому естественное дренирование корнеобитаемой толщи – непременное условие успешной культуры хлопчатника. Почва должна быть способной к удалению гравитационной влаги.

Хлопчатник – культура, слабо реагирующая на гранулометрический состав. Он хорошо растет на глинистых, суглинистых и супесчаных почвах. Однако, являясь солеустойчивым растением, на легких почвах хлопчатник больше страдает от избытка легкорастворимых солей, чем на тяжелых. Хлопчатник выдерживает сульфатно-натриевое засоление при концентрации SO^{2-}_4 0,8 % и погибает при концентрации 1,2 % (Липкинд, Джумаева). Содержание хлоридов не должно превышать 0,02–0,03 % (Алимбеток, Нурмагамбетов). Наибольший урожай получается при сульфатном засолении не более 0,228–0,145 % и хлоридном 0,075 % по плотному остатку (Белоусов, 1976).

Малопригодны для хлопчатника кислые почвы. Он не культивируется на желтоземах и красноземах, на желто-бурых почвах.

В хлопковых районах широкое распространение получили хлопко-люцерновые севообороты. Основными севооборотами являются 8-, 9- и 10-польные севообороты с 2 или 3 полями люцерны и 5, 6 и 7 полями хлопчатника. Удельный вес посевов хлопчатника в них составляет 60–70 %.

Хлопково-люцерновые севообороты условно обозначают цифрами, например 2:5, 2:6, 3:7 и т. д. Первая цифра означает число люцерновых полей, вторая – хлопковых.

В первом поле этих севооборотов люцерну, как правило, высевают под покров зерновых колосовых культур совместно с кукурузой или суданской травой на силос. Во второй и третий год люцерна растет одна. После распашки люцерны хлопчатник культивируют примерно в течение 5–7 лет.

В хлопкосеющих хозяйствах могут быть приняты и другие схемы хлопковых севооборотов с учетом интенсификации хлопководства и более эффективного использования орошаемых земель.

Большое значение имеет люцерна как предшественник хлопчатника на почвах, подверженных засолению. Хорошо развитая надземная масса люцерны затеняет поверхность почвы, что значительно уменьшает испарение влаги и препятствует тем самым выносу вредных солей из нижних слоев почвы в верхние. При поливах же эти соли в значительном количестве вымываются в более глубокие горизонты

Особенно велика роль люцерны на хлопковых полях, зараженных вилтом. Возбудители вилта не могут развиваться на корнях люцерны и в значительной мере погибают, не находя нужного для себя субстрата.

Лен. В группе волокнистых растений умеренных широт лен занимает второе место после хлопчатника. По давности возделывания его ставят рядом с хлопчатником, а в некоторых случаях считают более древним прядильным растением.

Лен – полиморфный род, в нем насчитывают более 200 видов. Но практическое значение имеют лишь несколько видов, среди которых лен культурный или обыкновенный – самый распространенный.

Экологию льна надо рассматривать только с учетом истории его происхождения. А она далеко не проста. Экологически род льна приурочен к субтропическим и умеренным широтам (Средиземноморский и Среднеазиатский генцентры). Но как культурное растение лен пришел из Юго-Западной и Восточной Азии. Его колыбелью считают Индию, где лен как прядильное растение предшествовал хлопчатнику. Здесь, и первичный центр льна масличного (кудряша). На территории нашей страны лен возделывается исстари. И хотя русские льны-долгунцы имеют среднеазиатское происхождение, именно здесь, в Европейско-Сибирском генетическом центре, на протяжении многих веков сформировались своеобразные экотины льна. Они-то и стали (в частности льны псковские) родоначальными для всей Западной Европы.

Лен-долгунец – культура умеренно-теплого и влажного климата. Лен очень требователен к температурному и световому режимам. Он холодостоек (выделяют даже озимые формы) и поэтому резко отрицательно реагирует на жаркую погоду. Для растений льна лучше умеренное освещение, рассеянный свет. Лен-долгунец требует постоянно влажных почв с оптимумом 70 % от полевой влагоемкости. Предъявляя повышенные требования к влажности, лен не переносит избытка воды в почве и близкого уровня грунтовых вод. Наибольший урожай льна получают при уровне зеркала пресных грунтовых вод на глубине 80–130 см (Barakat и др., 1971).

Высокая требовательность к оптимальной влажности проявляется и в особенностях отношения льна к почвам разного гранулометрического состава. Тяжелосуглинистые и глинистые почвы лесных типов маловодопроницаемы и склонны к переувлажнению после дождей, поэтому на них лен удается плохо. Песчаные и супесчаные почвы быстро иссушаются в верхних горизонтах, и при неглубокой и слаборазвитой корневой системе лен страдает от недостатка влаги. Кроме этого, они имеют низкий уровень потенциального плодородия. Лучшими для льна-долгунца являются легко- и среднесуглинистые почвы. Очень жестки требования льна к реакции среды: благоприятны условия в пределах 5,9–6,5. На более кислых почвах урожайность резко падает, а на нейтральных и сильно известкованных почвах получается грубое и хрупкое волокно. Поэтому для льна используются хорошо окультуренные лесные почвы – серые, бурые, дерново-подзолистые, а также осушенные торфяники. Высокая окультуренность почв – залог получения более тонкого и эластичного волокна.

Лен-кудряш более требователен к теплу, сравнительно засухоустойчив, неплохо растет в условиях нейтральной реакции среды. Он имеет хорошо развитую корневую систему и способен использовать влагу глубоких слоев почвы. Хорошо удается на черноземах и темно-каштановых почвах.

Лен-долгунец относится к растениям, требовательным к предшественникам и правильному чередованию культур в севообороте. При бессменной культуре или частом возвращении на один и тот же участок наступает льноутомление – снижение или полная гибель урожая льна вследствие накопления в почве патогенов – возбудителей фузариоза, антракноза и полиспороза. Этому способствует также одностороннее истощение почвы и развитие специфических сорняков льна (плевел льняной – *Lolium linicola Sond.*, торица льняная – *Spergula linicola Boreau.*, рыжик льняной – *Camelina linicola Sch.*, повилика – *Cuscuta epilinum Wein* и др.).

В льносеющих хозяйствах нашей страны наибольшее распространение получили 7- и 8-польные севообороты с одним полем льна и двумя полями многолетних гран (смесь клевера с тимофеевкой луговой). Как правило, лен в севооборотах размещается по пласту многолетних трав.

В последние годы с повышением культуры земледелия многие научно-исследовательские учреждения – ВНИИЛ, Белорусский НИИ земледелия, Опытная станция льноводства ТСХА и др., а также передовые хозяйства – получают более высокие урожаи

льна-долгунца по удобренным озимым, картофелю, ячменю, яровой пшенице, гороху, чем по многолетним травам.

Таким образом, многолетние травы (клевер) не всегда являются лучшим предшественником льна-долгунца. Д. Н. Прянишников, отмечая положительное влияние клевера на урожайность льна, подчеркивал, что к посеву льна после клевера прибегают потому, что мало вносят удобрений. В условиях же высокого плодородия почвы многолетние травы несколько уступают другим предшественникам. Поэтому в интенсивных севооборотах, на хорошо окультуренных почвах лен лучше размещать после озимой ржи, яровой пшеницы, картофеля, корнеплодов, гороха и других культур. По этим предшественникам стебли льна бывают более выравненные устойчивые к полеганию, более пригодные к механизированной уборке.

В Западной Европе (Нидерланды, Бельгия и др.) на окультуренных и хорошо удобренных почвах лучшими предшественниками льна являются пшеница, ячмень, картофель, сахарная свекла и др. Лен, высеянный по клеверному пласту, позднее созревает и дает рыхлое, более низкого качества волокно.

Лен-долгунец не сильно истощает почву, и после него в севообороте можно размещать яровую пшеницу, картофель, свеклу, гречиху и другие культуры.

Конопля. В сравнении с другими прядильными растениями конопля занимает небольшие площади. Это растение из Азии, вероятнее всего, гималайского происхождения. Исторически она была связана с кочевыми народами Азии и сопровождала их, поселяясь на тучных местах стоянок – навозищах, огородных участках, плодородных мусорниках и т. д. Важнейшее значение в формировании культурной прядильной конопли имеет Европейско-Сибирский генетический центр. Именно здесь естественным и искусственным отбором созданы современные экотипы конопли – холодостойкой и требовательной к влаге и питательному режиму.

Корневая система конопли по сравнению с надземной частью развита слабо: основная деятельная масса корней сосредоточена в слое 0–40 см, хотя отдельные корни могут проникать до 1,5–2,0 м. Поэтому конопля очень требовательна к почвенному питанию и увлажнению. Лучшие почвы для конопли – среднегумусные и тучные черноземы обыкновенные, типичные, выщелоченные и оподзоленные. Возделывается конопля на серых и бурых лесных почвах, но они нуждаются в интенсивном окультуривании с обязательным внесением больших доз органических удобрений. Осваивает конноп-

ля и мелиорированные торфяники. На этих почвах ее корневая система сосредоточивается в слое до 50 см.

Оптимальная реакция среды для конопли 6,5–7,5 pH. Солонцеватые, засоленные, слитые почвы для конопли непригодны. Из-за низкого потенциального плодородия конопля не возделывается на легких песчаных и супесчаных почвах.

В зоне среднерусского коноплесеяния распространены севообороты с короткой ротацией (4–5-польные), которые обычно размещают на пойменных землях и осушенных торфяниках. Предшественниками конопли здесь чаще являются пропашные, озимые хлеба, многолетние травы.

В этой зоне рекомендуется включать в севооборот на легких песчаных почвах кормовой люпин на силос с последующей запашкой на удобрение (1 – люпин; 2 – конопля; 3 – картофель; 4 – конопля).

Показатели оптимума и минимума приведены в таблице.

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для прядильных культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Хлопчатник			
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,20–1,35	1,34–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	25–40	40–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 5	–
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,20–0,40	0,40–0,60
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–10
Лен			
Содержание гумуса, %	2–4	4–6	6–8
pH водной суспензии	5,5–6,0	6,0–6,5	6,5–7,0
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,34–1,45	1,45–1,50

Окончание

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–50	50–65
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	Менее 0,3	0,3–1,0
Конопля			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,40	1,40–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–6
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	0,3	3–6

В зоне южного коноплесеяния коноплю размещают в полевых севооборотах на черноземах с высоким почвенным плодородием. Лучшие предшественники конопли озимая пшеница, пропашные и зерновые бобовые культуры.

Конопля является одним из немногих растений, допускающих повторные посевы. Однако бессменная культура (на специальных конопляниках) заметно снижает ее урожайность, даже при ежегодном внесении удобрений, из-за распространения паразитов, вредителей и болезней (заразиха, кукурузный мотылек и др.).

11. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ САХАРОНОСНЫХ И КРАХМАЛОНОСНЫХ КУЛЬТУР: сахарная свекла, сахарный тростник, картофель, батат, маниок, ямс

Сахарная свекла. Среди культурных растений корнеплодная свекла с высоким содержанием сахара – одно из самых молодых. Промышленное производство и потребление свекловичного сахара началось в России лишь в XIX в., но очень быстро приобрело широкие масштабы.

Как культурное растение свекла используется с древних времен. Колумела в I в. н. э. писал:

... И из жирной почвы ударом железного орудия
Извлекается зеленолистая с белым корнем свекла.

Впервые растения свеклы стали возделываться в Передней Азии. Даже сейчас на землях Малой Азии и Сирии, включая районы Древней Армении, окрестности озера Ван и низменные районы по Тигру и Евфрату распространены дикие формы свеклы. По этому экологию свеклы определяет широкий экологический диапазон. От тропиков до суббореальных биоклиматических условий с почвами разного генезиса и свойств. Однако из всех корнеплодных растений сахарная свекла наиболее требовательна к почвенному плодородию. В период вегетационного периода она потребляет большое количество питательных веществ. По сравнению с зерновыми хлебами при средних урожаях 24 ц зерна и 300 ц корнеплодов сахарная свекла извлекает из почвы в 2 раза больше азота, в 1,5 раза больше фосфора и в 3 раза больше калия (Керефов, 1975).

Прежде всего для сахарной свеклы характерна высокая отзывчивость на почвенное богатство. Лучшие земли расположены на богатых гумусом, глубокоструктурных почвах. Это черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные, коричневые выщелоченные и типичные почвы, бруниземы, лугово-черноземные почвы, руброземы, аллювиально-луговые и луговые почвы. Глубокая корневая система осваивает мощную толщу почвы и почвообразующей породы. От корнеплода отходят длинные корневые побеги, достигающие глубины 2,5 м и отходящие в стороны на 50–60 см. Несмотря на

подземную, кажущуюся незначительной биомассу, объем корнеобитаемой толщи каждого растения впечатляющ.

Для успешного культивирования сахарной свеклы необходимо ежегодное количество выпадающих осадков 500–600 мм. Это предопределяет уровень плодородия основных почв степей и лесостепных зон (табл. 11.1).

Таблица 11.1

Баллы бонитета почв для сахарной свеклы (по Карманову, 1980)

Баллы бонитета	Почвы и регионы
Более 80	Лесостепные черноземы и темно-серые лесные почвы Западной и Правобережной Украины и Молдовы; лесостепные черноземы центральной части Краснодарского края
70–80	Серые лесные почвы Западной и Правобережной Украины; темно-серые лесные почвы и лесостепные черноземы Левобережной Украины
60–70	Серые лесные почвы Левобережной Украины; лесостепные черноземы ЦЧО; обыкновенные черноземы Молдовы, Правобережной Украины, Краснодарского края
50–60	Выщелоченные и оподзоленные черноземы Поволжья; обыкновенные черноземы Левобережной Украины
40–50	Типичные черноземы Поволжья, лесостепные черноземы Алтайского края

Сахарная свекла хорошо растет только на рыхлых глубокоструктурных почвах. Оптимальный объемный вес корнеобитаемой толщи должен быть не более 1,35–1,40, а пахотного горизонта 1,1–1,2. Уплотненные тяжелосуглинистые и слитые черноземы неблагоприятны. По гранулометрическому составу лучшими почвами во всех природных зонах являются среднесуглинистые. Однако хорошо оструктуренные черноземы, лугово-черноземные, коричневые почвы тяжелосуглинистого и глинистого состава нисколько не хуже средних суглинков. Но урожайность снижается при возделывании сахарной свеклы на тяжелых серых и бурых лесных почвах. Неудачны для этой культуры пески и супеси.

Сахарная свекла дает высокие урожаи в широких пределах pH от 6,0 на серых лесных почвах до 8,6 на карбонатных черноземах Кубани, но кислых почв с pH ниже 5 свекла не выносит, а на сильнокарбонатных почвах становится чувствительной к недостатку бора.

Для хорошего роста сахарная свекла требует постоянного увлажнения на уровне 60–80 % от наименьшей влагоемкости. Большое значение имеет глубокая влагозарядка почвы. Корневая система, проникающая на глубину 2,5 м, активно использует влагу нижележащих слоев почвы и позволяет противостоять временной

засухе. Переувлажнение и близкие грунтовые воды для свеклы и губительны. Пресные воды оказывают отрицательное влияние, при глубине ближе 100 см, а соленые воды – при глубине: ближе 150–200 см.

Сахарная свекла – солеустойчивое растение, свободно переносит слабую засоленность почв и может применяться при мелиорации для биологического рассоления. Устойчива свекла и к слабой солонцеватости, если она не приводит к резкому ухудшению физического состояния почвы.

В повышении урожайности сахарной свеклы, как и других сельскохозяйственных растений, большое значение имеет введение правильных севооборотов и размещение ее после лучших предшественников. Решающее значение принадлежит севообороту и в борьбе с вредителями, и болезнями сахарной свеклы. Сахарная свекла в севообороте должна возвращаться на прежнее место не ранее чем через 3–4 года, а в случае сильного заражения почвы нематодой – через 4–5 лет. Лучший предшественник – удобренные озимые.

Данные опытных учреждений, передовых хозяйств показывают, что в районах недостаточного увлажнения величина и устойчивость урожаев сахарной свеклы находятся в большой зависимости от обеспеченности растений влагой. Наиболее высокие и устойчивые урожаи сахарной свеклы в этих районах достигаются при размещении ее после озимых, следующих по черным, ранним и занятым удобренным парам, а также после многолетних трав однолетнего пользования (клевер и эспарцет).

В зоне достаточного увлажнения в Украине, с годовой суммой осадков около 500 мм и больше, сахарную свеклу целесообразно размещать после озимых, следующих по многолетним травам и по занятым парам (озимые, бобово-злаковые смеси на зеленый корм и др.).

По данным ВНИИСС, в условиях Центрально-Черноземной зоны (северная и центральная части) сахарную свеклу следует размещать после озимых, идущих по многолетним и однолетним травам на зеленый корм и сено, кукурузы на зеленый корм, гороха на зерно; в южных и восточных частях Центрально-Черноземной зоны – главным образом по озимым после чистых и ранних занятых паров.

В районах орошаемого свеклосеяния лучшим предшественником сахарной свеклы считается озимая или яровая пшеница по пласту многолетних трав. Возможно также размещение свеклы по озимой пшенице после занятых паров пли кукурузы.

При повторном, а тем более длительном бессменном посеве урожаи сахарной свеклы резко снижаются, особенно в районах

недостаточного и неустойчивого увлажнения. При повторных посевах усиленно размножается опасный вредитель сахарной свеклы – корневая тля. В Центрально-Черноземной зоне были зарегистрированы случаи полной гибели урожаев сахарной свеклы от этого вредителя. При бессменной культуре свеклы развивается также свекловичная нематода, которая может погубить 30–40 % урожая. Поэтому повторные посевы сахарной свеклы (не более двух лет подряд) можно считать агрономически оправданными только в орошаемых районах для повышения свеклонасыщенности севооборотов при внесении увеличенных доз удобрений.

Сахарная свекла сама является ценным предшественником для различных культур. После свеклы хорошо удаются кукуруза (при достаточном запасе влаги), просо, ранние яровые хлеба, зерновые бобовые, однолетние травы.

Сахарный тростник. Это культура главным образом тропического пояса. Большинство исследователей сходятся на том, что его родиной является Юго-Восточная Азия. Однако сахарный тростник нигде в диком виде не встречается. На территории Индии он известен очень давно – за три тысячи лет до н. э. Его санскритское название «саккара» сохранилось у многих народов. Так получается, что лингвистические данные подтверждают происхождение сахарного тростника из Индии. Большая часть сахара в мире производится из тростника.

Сахарный тростник возделывают на самых разнообразных почвах. Хорошего развития тростник достигает на глубокопроницаемых почвах с благоприятным вводно-физическим режимом. Этим условиям отвечают разнообразные варианты окультуренных красных и желтых аллитных почв и красных ферралитно-кальциевых, различные аллювиальные почвы, а также красно-бурые и красно-коричневые почвы.

Главный объем корнеобитаемой толщи должен быть не менее 100–150 см и не содержать латеритных конкреций и каменистых включений в массе, превышающей 10–20 %. На Кубе высокие урожаи получаются на коричневых и ферраллитно-кальциевых почвах на элювии известняковых пород. Возделывают сахарный тростник и на черных слитых почвах (вертисоли), однако эти тяжелые пластинные почвы ограничивают продуктивность и долговечность плантаций.

Неудовлетворительны для тростника сильнокислые почвы с pH 4,5–5,5. Оптимумом считается pH 6,0–7,5. Карбонатность профиля не является препятствием. Тростник требует хорошего увлажнения, переносит избыточную сезонную влагу.

Особо эффективно орошение сахарных плантаций. Если без орошения в условиях Кубы средняя урожайность составляет 50–70 ц сахара-сырца с гектара, то систематические поливы и применение удобрений повышают ее до 100–120ц/га. Лучшая гранулометрия – суглинистый состав, пески и супеси для тростника не пригодны. Всякое засоление и солонцеватость исключается.

Способы возделывания сахарного тростника в отдельных странах, да и в различных местностях одной страны, неодинаковы. В тропиках его возделывают и как многолетнюю (бессменно) культуру и в севообороте, а в субтропиках, как правило, только в севообороте.

При этом культура сахарного тростника без орошения распространена главным образом в местностях, где в течение года выпадает 1250–3000 мм осадков. При меньшем количестве годовых осадков надежная культура тростника возможна лишь при орошении.

Монокультура сахарного тростника (от 2–3 до 6–7 лет бессменно) распространена в странах Центральной и Южной Америки (Куба, Гавайи, Гвиана, Бразилия, Пуэрто-Рико). Более длительное возделывание на одном и том же месте приводит к снижению урожаев из-за болезней и почвоутомления. В опытах в Луизиане (США) при бессменном возделывании тростника в течение 18 лет урожай снизился с 846 ц/га до 332 ц/га, т. е. более чем в 2,5 раза.

При возделывании в тропиках сахарного тростника в севообороте (обычно в течение 1–3 лет на одном поле) его чередуют с бобовыми, злаковыми или масличными культурами. Примером может служить один из таких севооборотов в Индии: 1 – сорго или кукуруза; 2 – бобовые; 3 – 5 – сахарный тростник. При сочетании тростника с кунжутом (Индия, Бирма) последний высевают в начале сезона дождей и убирают в сентябре, после чего поле подготавливают под сахарный тростник. В других же странах на низкорасположенных землях тростник чередуют с рисом, хотя в этом случае возникают трудности с удалением с поля в сезон дождей излишней воды. Ранние сорта риса убирают в октябре, и поле обрабатывает под тростник. Часто тростник возделывают здесь и как монокультуру: после уборки в ноябре – декабре однолетних стеблей участок распахивают и через 1–1,5 месяца на нем вновь высаживают черенки тростника. Однако бессменное возделывание тростника, как уже указывалось, приводит к развитию болезней и вредителей, к снижению урожаев. Хорошие урожаи тростника в Индии и странах Юго-Восточной Азии (Бирма, Индонезия) получают и после запашки кунжута или кроталлярии как сидератов.

В США сеют в течение двух лет тростник, затем кукурузу и бобовые. В Бразилии после запашки тростника часто сеют люцерну, а затем опять тростник.

В субтропиках, где возделывают тростник, как правило, в севообороте, основными предшественниками его являются бобовые травы или зерновые.

В субтропиках СНГ распространена культура однолетнего (реже двухлетнего) тростника в 5–6-польных севооборотах, например: 1–2 – люцерна, 3 тростник, 4 клевер, 5 – тростник или 1–3 – люцерна, 4–5 – тростник, 6 – зерновые или 1–3 – люцерна, 4 – тростник, 5 – зерновые, 6 – тростник. На опытной станции в Денау (Узбекистан) при посадке тростника после бобовых урожай (по сравнению со злаковым предшественником) повышался на 8,2 т с гектара – с 53 до 61,2 т/га.

Картофель. В число культурных растений Старого Света картофель, как и сахарная свекла, вошел совсем недавно. Однако универсальное использование клубней очень скоро поставило картофель в ряд труднозаменимых растений. Этим объясняется и широчайший современный ареал его возделывания (почти повсеместно) и сравнительно большие площади в мировом земледелии.

Экспедициями, предпринятыми Н. И. Вавиловым, С. М. Букасовым и С. В. Юзепчуком, был собран обширный материал, свидетельствующий о том, что родиной картофеля являются горные районы Южной Америки (Боливия, Перу, Чили). В этих районах обнаружено огромное разнообразие как диких, так и культурных форм картофеля. Биоклиматически – это прохладные высокогорья, и в почвенном отношении – маловыветренные, легкие по гранулометрии дерновые гумусоаккумулятивные, никогда не переувлажняемые почвы.

Происхождение картофеля, естественно, сказалось на его биологии и экологии. Горные районы с прохладным климатом, легкими по составу маловыветренными и обогащенными калием почвами обусловили формирование определенных экотипов картофеля.

Наилучшие условия для картофеля – районы с умеренно-теплым летом и легкими почвами. Это дерново-подзолистые и дерново-мерзлотно-таежные, серые и бурые лесные почвы, черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные восточно-европейской и сибирской фаций.

Нечерноземье – основная зона возделывания картофеля. Для дерново-подзолистых почв установлены оптимальные экологические показатели (табл. 11.2).

Таблица 11.2

Оптимальные показатели свойств дерново-подзолистых почв при различном механическом составе и уровне гумусированности для культур картофеля (Семенов, Березовский, Драгунов, Леонтьев)

Гранулометрический состав почвы	Содержание гумуса, %	pH	P_2O_5	K_2O
			мг/100 г почвы	
Песчаная	1,5	5,5	20	26
	1,5–2,0	5,5	20	26
	2,0–3,0	5,4	20	28
	3,0–3,5	5,3	22	28
	3,5	5,1	26	30
Суглинистая	2,0	5,6	28	35
	2,0–3,0	5,6	30	35
	3,0–4,0	5,4	35	40
	4,0	5,3	35	45

В южных районах страны лучшие почвы для картофеля сосредоточены в среднегорных районах на черноземных и лесных почвах. Например, высокие урожаи превосходного по качеству картофеля на Северном Кавказе получают в Карачаево-Черкессии и Краснодарском крае, на горных и предгорных черноземах, расположенных на высоте от 600 до 1000 м. Почвы жаркого лета (черноземы южно-европейской фации, субтропические почвы) недостаточно удовлетворительны из-за почвенно-воздушного климата, высоких температур почвы и воздуха. Но это не препятствует его возделыванию, особенно если оно приурочено к весенней и началу летней вегетации. Высокие температуры в период клубнеобразования приводят к экологическому вырождению клубней. Деликатесное выращивание картофеля в тропических условиях Кубы производят на основе ежегодно привозимого из холодной Канады посадочного материала.

Требование легкого гранулометрического состава – одна из важнейших почвенно-экологических специфичностей картофеля. Это обусловлено особенностями корневой системы. Корни картофеля проникают в почву неглубоко и отличаются активной поглотительной способностью. Корневая система мочковатая, состоящая из большого числа тонких корешков, которые распространяются вширь, не захватывая глубокие горизонты почвы. Поэтому мощность корнеобитаемой толщи может ограничиваться 60–80 см. У корней картофеля очень ограничена сила преодолевать механическое сопротивление почвы, а рыхлая среда как раз характерна для легкосуглинистых и супесчаных почв. Глинистые и тяжелосуглинистые почвы, склонные к глыбообразованию и слитости, становятся труднопреодолимыми для корней картофеля, и подавляют рост клубней, приводят

к их деформации. Оптимум плотности, по многочисленным данным, составляет 1,10–1,20 г/см^3. Однако легкость гранулометрического состава почв нельзя считать абсолютным требованием. Во многих случаях, на почвах, тяжелосуглинистых, но достаточно оструктуренных и рыхлых, успешно возделывается картофель, например на черноземах Курской, Орловской, Липецкой, Воронежской областей, в предгорьях Краснодарского края, в Кабардино-Балкарии. Но почвы тяжелого механического состава несколько принижают вкусовые качества клубней картофеля.

Необходимость рыхлых почв определяется еще одной особенностью корней картофеля – высокой чувствительностью к недостатку кислорода, которая создается на почвах с плохими физическими свойствами. Оптимальная концентрация углекислого газа в почвенном воздухе должна быть не более 1,0 %. При больших концентрациях клубни задыхаются и загнивают.

Картофель – влаголюбивое растение. Наиболее благоприятная влажность почвы 80 % от полевой влагоемкости. При падении влажности даже до 70–75 % урожай клубней снижается на 10–28 % (Султанов). Картофель также не переносит и избытка влаги из-за высокой требовательности к кислороду почвенного воздуха, но хорошо растет на мелиорированных торфяниках.

Лучшие условия для картофеля создаются в почвах слабокислых и нейтральных с pH 5–7. Более кислые почвы нуждаются в известковании. На черноземах неплохие урожаи получают и при pH 7–8, а на почвах карбонатных для местного потребления даже при pH 8,0–8,6 (обыкновенные черноземы Предкавказья). Однако вкусовые качества картофеля в этих условиях оставляют желать лучшего. Безусловно, картофель весьма чувствителен к засолению и солонцеватости; это и понятно, так как на его родине такие почвы не встречаются.

В картофелепроизводящих районах центральных областей европейской части России севообороты, в которых возделывают картофель, состоят преимущественно из 7–9 полей различного построения в зависимости от специализации хозяйства и почвенно-климатических условий. Насыщенность этих севооборотов картофелем бывает различной: семипольные – 14–28,5 %, восьмипольные – 12–25 %, девятипольные – 11–22 % площади посева, т. е. в каждой группе севооборотов картофель занимает 1–2 поля.

В последнее время в специализированных картофелеводческих хозяйствах получают распространение севообороты с более короткой ротацией – пятипольные, позволяющие ускоренно создавать

мощный пахотный слой для картофеля благодаря более частому применению глубокой вспашки; кроме того, есть данные, что картофель в коротких севооборотах лучше использует удобрения и при этом облегчается борьба с сорной растительностью.

Лучшие предшественники для картофеля – озимые хлеба, если под них вносили органические и минеральные удобрения, и однолетние бобовые (горох, вика, чечевица, бобы и др.).

В полевых и кормовых севооборотах Нечерноземной зоны картофель размещают после многолетних трав (по пласту и обороту пласта), озимых культур, зерновых бобовых, однолетних смесей и льна, а на песчаных почвах – после люпина. В Центрально-Черноземной зоне, на Украине, Северном Кавказе, в Поволжье и Средней Азии лучшие предшественники для этой культуры – озимые, кукуруза, однолетние травы

В Казахстане и Восточной Сибири картофель возделывают после зерновых и бобово-злаковых смесей, на Урале и Дальнем Востоке – по зерновым и зерновым бобовым культурам.

Вокруг больших городов и промышленных центров картофель выращивают в овощных севооборотах, размещая его после овощных культур (кроме пасленовых). Здесь он часто возделывается и в специализированных севооборотах со значительным насыщением картофелем (до 35–50 %). В таких севооборотах предшественником картофеля бывают однолетние травы, клевер одногодичного пользования, а иногда картофель возделывается по картофелю. Картофель принадлежит к числу немногих культур, которые в условиях хорошей обработки почвы и правильного применения удобрений способны давать хорошие урожаи при повторном возделывании на одном и том же месте. Об этом, в частности, говорит практика северных хозяйств, расположенных в пригородных зонах.

Картофель часто возделывают как парозанимающее растение, используя для лих целей ранние сорта. Для обеспечения в занятом пару высокого урожая картофеля и следующей озимой культуры (пшеница, рожь) необходимо вносить под картофель органические и минеральные удобрения.

Уборку картофеля в паровом поле надо проводить не позднее, чем за 12–15 дней до начала посева озимых.

Следует подчеркнуть, что сам картофель является прекрасным предшественником для других культур, особенно для ранних яровых (пшеницы, ячменя, овса), зерновых бобовых, масличных и прядильных растений.

Батат. Батат происходит из Мексики и Центральной Америки. Исследователи этого рода считают, что батат (сладкий картофель) как культурное растение попал в Старый Свет (Океанию) задолго до Колумба. Но в Европе он появился уже после открытия Америки.

Батат – культура тропиков и теплых субтропиков. Однако это весьма пластичное растение, чем и объясняется широкий ареал его возделывания, выходящий за пределы тропических и субтропических земледельческих районов мира. У нас батат возделывается, но занимает незначительные площади.

Батат – многолетнее растение с длинными ползучими легко укореняющимися стеблями и клубнями корневого происхождения. У него высокие требования к теплу, влаге, свету. Это типичное растение короткого дня. Но к богатству почв не требователен. Хорошо растет на легкосуглинистых и супесчаных красных и желтых ферраллитных почвах и их оподзоленных вариантах, на почвах аллювиального происхождения, на красно-бурых и красно-коричневых почвах. Обладая мощной корневой системой, батат способен осваивать истощенные песчаные почвы, на которых другие культуры не удаются. Мало чувствителен к конкреционной латеритности почв. Плохо удается на почвах с большим содержанием монтмориллонитовых глин. На вязких глинистых почвах клубни деформируются и поражаются паршой. Неблагоприятны почвы, богатые гумусом, так как в этом случае сильно развивается ботва в ущерб клубнеобразованию или образуются клубни большого размера, но низкой легкости.

Батат положительно реагирует на близкое залегание пресных грунтовых вод. Оптимум pH 5,2–6,7. Сильнокислые условия неблагоприятны.

Как пропашная культура батат очищает почву от сорняков и представляет собой хороший предшественник для других культур. В севообороте батат выращивают в чистом виде или в смешанной культуре.

В США батат размещают в 3–4-польных севооборотах следующего, например, вида: 1 – батат, 2 – озимый ячмень и пожнивно-бобовые (арахис, вигна), 3 – хлопчатник с посевом в междурядья клевера, 4 – кукуруза с вигной или бархатными бобами, или: 1 – батат, 2 – озимая пшеница и пожнивно вигна, 3 – хлопчатник или кукуруза с вигной; в теплых районах после уборки кукурузы сеют рожь для выпаса зимой (или бархатные бобы для сидерации).

В смешанных культурах батат выращивают в тропиках юго-восточной Азии. В Индонезии батат возделывают между кокосовыми пальмами, а на Филиппинах – между банановыми деревьями.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 11.3.

Таблица 11.3

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для сахароносных и крахмалоносных культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Сахарная свекла			
Содержание гумуса, %	–	3–8	
РН водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,2	8,2–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,35	1,35–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 6	6–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,2–0,4	0,4–0,8
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–8
Сахарный тростник			
Содержание гумуса, %	–	2–4	–
РН водной суспензии	4,5–6,0	6,0–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см^3	1,1–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–50	50–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–3	3–5
Картофель			
Содержание гумуса, %	–	2–4	–
РН водной суспензии	–	6–7	–
Плотность, г/см^3	1,0–1,20	1,20–1,35	1,35–1,45
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	5–15	15–25	25–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,3–0,4
Содержание $CaC0_3$, %	–	0–3	2–4
Батат			
Содержание гумуса, %	–	1–3	3–5
РН водной суспензии	4,5–5,0	5,0–6,5	6,5–75
Плотность, г/см^3	1,0–1,30	1,30–1,40	1,40–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	5–20	20–40	40–50
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–1,0	–

Маниок (кассава). Маниок – культура полусухих тропиков с количеством осадков 750–1000 мм и с сухими сезонами в году. Легко переносит недостаток влаги. Хорошо развивается на легких почвах речных долин, красно-бурых и красно-коричневых латеритных почвах, на супесчаных псевдоподзолах. Хорошо осваивает малоплодородные почвы, где другие культуры не удаются. Плохо растет на почвах тяжелого механического состава, например на черных слитых, однако на сильно ферраллитизированных ожелезненных, хотя и тяжелых почвах, дает удовлетворительные урожаи.

Ямс (таро). Очень ценная по вкусовым качествам культура тропиков, но весьма требовательная к почвенному плодородию. Хорошо растет только на богатых почвах с высоким содержанием гумуса, а такие почвы в тропических странах встречаются редко.

Обычно, его посадки сосредоточены на суглинистых и тяжелосуглинистых аллювиальных почвах, на черных монтмориллонитовых землях. Не переносит легких супесчаных почв. Очень требователен к постоянному увлажнению, чувствителен к почвенной засухе. Хорошо растет в районах с количеством осадков 1800–2000 мм. Переувлажнения почв не переносит.

12. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР: арбуз, дыня, тыква

Арбуз. Родина арбуза – Южная Африка, где распространены красно-бурые и красно-коричневые почвы сухих саванн. Ожелезненность этих почв создает эффект опесчаненности. Особенностью почв саванн является также наличие длительных периодов почвенной засухи, сменяющейся влажными периодами. Культура арбуза во многом унаследовала экологические особенности своей Родины. Арбуз практически безразличен к содержанию в почве гумуса. Высокие урожаи этой культуры получают и на многогумусных черноземах, и на малогумусных сероземах, светло-каштановых, серо-бурых пустынных и бурых полупустынных почвах при условии обеспечения их влагой.

При достаточной рыхлости и структурности почв растения арбуза дают неплохие урожаи на почвах тяжелосуглинистого и легкоглинистого состава, например на черноземах различных подтипов. Однако экологическая особенность арбуза – давать высокую продуктивность и хорошее качество на почвах легкого механического состава, в том числе и на слабогумусированных песках. Эти почвы малоценны для большинства других сельскохозяйственных растений, и использование их под бахчи наиболее эффективно. Нечувствительность арбуза к бедным легким почвам объясняется мощным развитием корневой системы, ее высокой способностью использовать большие объемы почвы и материнской породы. Корни арбуза проникают на глубину 4–5 м и охватывают объем 7–10 м^3 почвенной массы (Керефов). Мощная корневая система обеспечивает относительную засухоустойчивость этой культуры, однако арбуз положительно реагирует резким возрастанием урожайности и на достаточную влажность почвы.

Арбуз – культура нейтральных и слабощелочных условий с pH 6,0–8,6. Растет хорошо на карбонатных почвах. Не выносит солонцеватости. Плохо удается на слитых и других тяжелых заплывающих почвах.

Дыня. Родина большинства сортов дыни – Средняя Азия, Афганистан и Иран, где она произрастала на коричневых и северо-коричневых почвах и многие столетия культивировалась при орошении на сероземах. Это сравнительно богатые почвы среднего и тяжелого механического состава, поэтому дыня бо-

лее требовательна к почвенному плодородию, чем арбуз. На песках и супесчанных почвах не получишь высоких урожаев. Оптимум механического состава приходится на суглинистые и тяжелосуглинистые почвы.

Кроме субтропических коричневых, серо-коричневых почв и сероземов, дыня хорошо растет на черноземных почвах разных подтипов, на почвах речных долин, не отличающихся засолением, солонцеватостью и заболоченностью. Дыня развивает меньшую по объему корневую систему и более требовательна к влаге, чем арбуз. Хорошо растет на карбонатных почвах. Оптимальная реакция среды – 7,0–8,6. Крайне отрицательно реагирует на слитые и тяжелые заплывающие почвы.

Таким образом, хотя дыню возделывают в тех же районах, что и арбуз, однако она предъявляет иные требования к почвам, больше тяготея к субтропическому коричневому типу почвообразования, близкому к черноземам.

Бахчевые культуры требовательны к чистоте полей от сорняков. Они хорошо удаются по пласту многолетних трав и на поймах. В полевых севооборотах лучшими предшественниками бахчевых культур считаются удобренные озимые и зерновые бобовые культуры.

Бахчевые культуры сильно поражаются болезнями, особенно фу-зариозным увяданием, поэтому, чтобы не допустить резкого снижения урожая, их следует размещать на прежнем месте не раньше, чем через 6–7 лет.

Сами бахчевые культуры являются хорошими предшественниками яровых, особенно яровой пшеницы, а в южных районах, при ранней уборке урожая, и для озимых хлебов.

Тыква. Это растение американского континента (Центрально- и Южно-Американской генцентры). В сравнении с арбузом и дыней все виды тыкв более холодостойки, что позволяет возделывать культуру даже в Нечерноземной зоне, Зауралье и Сибири. К влаге и почвам требования у тыквы повышенные.

Тыква хорошо растет на всех подтипах черноземов суглинистого, тяжелосуглинистого и легкосуглинистого состава. Может произрастать также и на супесях в зонах каштановых и черноземных почв. В нечерноземной полосе на серых и бурых лесных почвах лучшим составом является суглинистый, а тяжелые глины и супеси неудовлетворительны. В субтропических условиях тыквы возделывают практически на всех почвах – от сероземов до красноземов и желтоземов. Очень широкий предел оптималь-

ной реакции среды характерен для тыквы, от 5,5 до 8,6. Она прекрасно мирится как со слабокислыми, так и со щелочными карбонатными почвами. Очень хорошие условия тыква находит на суглинистых почвах речных долин (аллювиальные, лугово-аллювиальные, луговые, лугово-черноземовидные).

Показатели оптимума и минимума приведены в таблице.

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для бахчевых культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Арбуз			
Содержание гумуса, %	–	1–6	–
pH водной суспензи	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины, %	5–10	10–40	40–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–10
Дыня			
Содержание гумуса, %	1–4	4–8	–
pH водной суспензи	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,45	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–8

Окончание

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Тыква			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензи	5,0–5,5	5,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины, %	15–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–8
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензи	5,0–5,5	5,5–8,5	8,5–8,7

13. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ТАБАКА И МАХОРКИ

Прежде всего, необходимо отметить, что Всесоюзный НИИ табака и махорки, организованный еще в 20-е годы в г. Краснодаре, курировал научные исследования в области табаководства по всей стране и поддерживал коллекцию видового и сортового фонда табачного растения. Сейчас, увы, отечественная табачная отрасль сельского хозяйства находится в упадке и испытывает сильное импортное давление.

Табак относится к семейству пасленовых (*Solanaceae*), роду *Nicotiana*, виду *Tabacum*. Другим промышленным видом является махорка – *Nicotiana* rustica. Остальные виды рода Nicotiana не имеют промышленного значения и часто называются дикими видами.

Культура табака известна с древнейших времен. Население Америки примерно за 3 тыс. лет до ее открытия уже возделывало эту культуру. Сейчас российское табаководство испытывает сильное импортное давление.

Родиной табака является Центральная Америка с различными типами саванных ожелезненных (псевдопесчанных) почв, содержащих невысокое количество гумуса. Отсюда и главное требование культуры табака – почвы должны быть легкого гранулометрического состава, с малым количеством гумуса.

Под влиянием внешних условий (почва, климат), отборов и агротехники возникли агроэкологические типы и подтипы табака, например Дюбек, Самсун, Вирджиния и др. Чистые устойчивые формы агроэкологических типов в практике называют селекционными сортами. Биоклиматический тепловой оптимум для разных табаков составляет температур более 10 °С.

Агроэкологические типы и подтипы табака объединяют в следующие группы: восточные папиросные, американские папиросные и сигарные. Каждая группа включает ряд сортов. Первая группа в свою очередь делится на две подгруппы: скелетные и ароматические табаки. Скелетные табаки обладают нередко слабовыраженным ароматом, достаточной крепостью и являются основным наполнителем курительных изделий. Ароматичные табаки, обладающие хорошо выраженным ароматом, используются в купаже со скелетными табаками для придания курительным изделиям аромата.

Сигарные табаки выращивают для изготовления сигар. В некоторых странах, например на Кубе, эти табаки используют и для производства сигарет. Табачные листья для обертки сигар выращиваются под покровом марли. Цвет у них приятный желто-зеленоватый с очень малым количеством никотина.

Корневая система табака мощная, имеет главный и боковые корни, обеспечивающие широкое распространение в горизонтальном направлении и на глубину 1,5–2,0 м. Корневая масса в условиях оптимального увлажнения может обеспечивать значительный вегетативный рост зеленой массы, и в этом случае урожай табака зависит от потенциального плодородия почвы, содержания в ней гумуса. Но понятие урожая табака включает и качество продукции. Причем значение качества в большинстве случаев превалирует над урожайностью. Не на всякой почве благоприятно сочетаются количественная и качественная стороны урожая. Важнейшие свойства почвы, благоприятствующие оптимальной по качеству продукции, состоят в следующем:

1. Рыхлость сложения, препятствующая всякому передвижению, отсутствие водоупорных горизонтов в профиле почвы и почвообразующей породе.
2. Суглинистый гранулометрический состав, тяготеющий к легким суглинкам и супесям. Почвы тяжелой гранулометрии обладать большой зернисто-мелкокомковатой оструктуренностью или высокой микроагрегатированностью ферраллитного, сероземного характеров, приближающих почву к рыхлой песчано-пылеватой массе. Почвы легкие супесчаные, бедные органическим веществом, дают листья светлого тона, тонкого, слабого аромата. На почвах средних по гранулометрическому составу табак получается с небольшими, но толстыми листьями, темного цвета, сильного аромата. Тяжелые и богатые почвы дают возможность сильного вегетатирования, но качество табачного листа низкое, в нем содержится много азота, никотина и мало углеводов. Поэтому чаще всего черноземы под табак не используются. Особенно плохо удается табак на тяжелых почвах со слитым горизонтом.
3. Умеренное содержание азота. Избыточное питание растений соединениями этого элемента резко снижает качественные составляющие продукции табачного растения. Повышенное содержание белков и никотина придают листьям высокую врепость и неприятный аромат. В то же время при недос-

татке азота растения приобретают карликовый вид и ненормальную светло-зеленую окраску.

4. Важная составляющая качества урожая – содержание в почве гумуса. Для табака наблюдается парадоксальное явление: чем меньше гумуса в почве, тем лучше табак. Оптимум – это менее 3 %. Высококачественные Самсуны Абхазии и Дюбеки Южного Крыма произрастали на почвах скелетных с количеством гумуса 1,5–2,0 % (коричневые почвы, рендзины ферраллитизированные, желто-бурые лесные остаточно-карбонатные и др.). В связи с этим почвы черноземного типа для выращивания табака мало удачны. В то же время скелетные рендзины на известняково-мергелистых породах при достаточном обеспечении влагой дают высокий урожай при нужном качестве, даже если гумуса содержится до 5–9 % (Бучинский, Володарский, Асмаев, 1959). Таким образом, из общего правила необходимости слабой гумусности почв могут быть исключения, если почвы карбонатны или скелетны.
5. Курительные свойства табака изменяются с изменением влажности почвы. Уменьшение влажности влечет за собой увеличение крепости и резкости вкуса продукта вследствие повышения содержания никотина и уменьшения углеводов. Так, при влажности 60 % от полевой влагоемкости никотин содержится в количестве 1,34 %, углеводы – 17,8 %, а при влажности 25 % – никотин – 2,70 %, а углеводы – 7,9 %. Уменьшение влажности благоприятно сказывается на ароматичности табака (Бучинский и др., 1959).
6. Скелетность почвенной массы, каменистые и гравелистые включения благоприятствуют формированию продукции высокого качества.
7. Оптимальные величины pH от 5,5 до 8,5. Более кислая среда почти всегда снижает качество табачного листа, уменьшает способность к ассимиляции кальция, магния, фосфора.
8. Табак не переносит даже слабого засоления. Он является хлорофобным растением, поэтому при внесении удобрений избегают хлористых солей, заменяя их сернокислыми. В противном случае снижается горючесть табачного сырья.

Таким образом, табак может расти на самых разнообразных почвах, однако уровень урожайности и особенно качество получаемого сырья в зависимости от почвенных условий будут совершенно различными.

Исследования, проводимые в старейшем НИИ табака и махорки (г. Краснодар), убедительно показывают влияние различных почв на качественные составляющие табачного листа (Бучинский, 1959):

Почвы	Содержание, %		
	белки	никотин	углеводы
Бурые лесные	10,0	0,9	3,0
Серые лесостепные	7,8	1,6	2,3

Более высокие требования к свойствам почвы предъявляют сорта табака, выращиваемые для получения ароматичного сырья. Так, табаки с высококачественным ароматом (типа Дюбек) выращивают на Южном берегу Крыма, в отдельных районах Киргизии, Казахстана, Таджикистана и Узбекистана; табаки типа Самсун – на Черноморском побережье Краснодарского края, в Абхазии, Аджарии и в некоторых районах Армении. Само районирование табака указывает на широкий спектр почв, пригодных для его культуры. Это бурые лесные остаточно-карбонатные, насыщенные, кислые и оподзоленные варианты этих почв, желтоземы и красноземы, коричневые, серо-коричневые почвы, сероземы и др.

Лучшими предшественниками табака в севообороте являются озимые хлеба, сахарная свекла, кукуруза, однолетние бобовые и злаковые травы. На менее плодородных почвах табак размещают после зерновых бобовых и по обороту пласта. Не следует возделывать табак после подсолнечника, конопли и бахчевых культур, так как у них имеются общие с табаком вредители и болезни.

При большом насыщении севооборота табаком возможна повторная посадка его через год, после чего в течение 3–4 лет на этом поле высеивают другие культуры.

Показатели оптимума и минимума приведены в таблице.

Показатели оптимума, экологически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для табака и махорки

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Табак			
Содержание гумуса, %	–	1,0–2,5	2,5–3,0
pH водной суспензии	4,1–5,5	5,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	15–20	20–45	45–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3,0	3–5
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–15	15–30

Окончание

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Махорка			
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,53
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3,0	3–5
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	0,2–4,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	1–3	3–6

Махорка (тютюн). Махорка в нашей стране получила широкое распространение в Украине, в Белоруссии, Воронежской, Липецкой, Тамбовской и других областях, в районах Восточной и Западной Сибири. Возделывается в основном в лесостепной зоне на черноземах и серых лесных почвах. Важное почвенное условие для махорки – хорошая гумусированность. Поэтому для успешной культуры этого растения широко применяются органические удобрения. В целом махорка очень требовательная к удобрениям культура. При внесении удобрений она дает не только общие прибавки урожая, но и улучшает качество сырья. Выход высших сортов махорочного сырья, содержание никотина и материальность листьев под влиянием удобрений значительно увеличиваются. Высокая отзывчивость махорки на удобрения определяется большой потребностью в питательных элементах.

Оптимальной влажностью почвы для махорки является 60–70 % НВ. При недостатке влаги махорка плохо растет и развивается, а в период технической зрелости наблюдается и подгар листьев. Она нуждается в рыхлых почвах, хорошо обеспеченных воздухом. Застой воды приводит к вымоканию растений.

Лучшими предшественниками махорки являются озимые хлеба, кукуруза, корнеплоды, зерновые бобовые, многолетние травы и овощные культуры. Так же, как и табак, махорку не следует размещать после бахчевых культур, картофеля, конопли и подсолнечника, имеющих с ней общие болезни и вредителей.

Махорка – хороший предшественник для многих полевых культур.

14. ТРЕБОВАНИЯ К ПОЧВАМ КОРМОВЫХ ТРАВ

Полевое травосеяние широко распространено в мировом земледелии. Но мировая сельскохозяйственная практика убедительно показала, что и само земледелие не может обойтись без трав. Трудно переоценить их агротехническое значение – мелиоративную и почвозащитную роль.

В обширную группу кормовых трав входят представители, главным образом, двух семейств – мятликовых и бобовых (сейчас в производство начинают вводиться травянистые растения и других семейств). В пределах этих ведущих семейств есть однолетние и многолетние формы. Среди трав встречаются и растения-ветераны (это, в первую очередь, люцерна) и совсем недавно введенные в культуру (например житняк). Травы выращивают при самостоятельном посеве (беспокровно) и подпокровно, в одновидовых агроценозах и травосмесях.

Травам присуща, в целом, меньшая требовательность к условиям произрастания и очень высокая экологическая пластичность. Вместе с тем у них есть и существенные различия. Они обусловлены биологией растений, разным типом корневой системы, неодинаковым отношением к факторам среды.

Стержневые корни бобовых глубоко проникают в почву. Эти культуры очень чувствительны к уровню залегания грунтовых вод. У злаковых трав корневая система тоже хорошо развита, но она мочковатая и характер ее распределения уже иной. По-разному относятся травы к влаге. Здесь есть и влаголюбивые (клевер, тимофеевка, овсяница, вика), сравнительно нетребовательные к влаге (люцерна, пырей, эспарцет, донник) и достаточно засухоустойчивые (житняк, костер, суданская трава, могар). Помимо холодостойких и морозостойких, в этой группе встречаются растения с повышенной требовательностью к теплу и свету (суданская трава, могар, чумиза) и т. д. Из многолетних трав злаковые более устойчивы к длительному возделыванию на одном месте (у них оно достигает 8–10 лет, а у бобовых редко превышает 4–5 лет). Все эти особенности определяют взаимоотношение трав с окружающей средой, в том числе и отношение к эдафическому фактору. Знание почвенной экологии трав – одно из важнейших условий их успешного возделывания.

14.1. Бобовые травы: люцерна, клевер, эспарцет, донник, лядвенец, вика

Люцерна. Родина люцерны – Иран, предгорья и горы Средней Азии и Кавказа. В средней Азии люцерна возделывалась около 5 тыс. лет назад, а в Грецию завезена 2–2,5 тыс. лет назад. Известно около 100 видов люцерны. У нас в земледелии наиболее распространены люцерна синяя или посевная (*Medicago sativa*) и люцерна желтая (*Medicago falcata*). Эта ценная кормовая культура люцерна имеет широкое распространение. Она возделывается во всех южных и восточных районах нашей страны, в степной, лесостепной зонах, на всех подтипах черноземов всех биоклиматических фаций, а также в зоне сухих степей, на каштановых почвах. Незаменима люцерна в условиях орошения на серо-коричневых, бурых пустынно-степных почвах и сероземах. Основной ее ареал – нейтральные и щелочные почвы как бескарбонатные, так и карбонатные, причем содержание $CaCO_3$ может достигать больших значений (до 15–20 %) без заметного негативного воздействия на растения. Следует считать оптимумом люцерны pH 6,5–8,7. Как высокопродуктивная кормовая культура, люцерна проникает и в Нечерноземье, Здесь ее посевы встречаются на окультуренных, хорошо произвесткованных дерново-подзолистых, бурых лесных, палево-подзолистых и серых лесных почвах с pH не ниже 6,0.

Люцерна способна развивать мощную стержневую корневую систему с интенсивным развитием боковых корней. Корни люцерны очень пластичны и приспосабливаются к разнообразным почвенным условиям. Обычно отмечается весьма глубокое развитие на почвах степного типа почвообразования. Старовозрастные растения углубляются на 7–10 и иногда на 17 м (Керефов, 1975). Типичная глубина проникновения корней на черноземных почвах 3–4 м. Корневая система люцерны способна извлекать влагу из мощной толщи почвы и почвообразующей породы, что обеспечивает люцерне известную засухоустойчивость.

Глубина проникновения корней люцерны на темно-каштановой почве в первый год жизни составляет 90–132 см, а во второй и последующие годы – 238 см. С возрастом происходит утолщение главного и боковых корней, происходит увеличение общего числа и массы корней. На четвертый год масса корней составляет в слое 0–20 см до 117 ц/га. Основная масса сосредоточена в слое 0–50 см, а вся корнеобитаемая толща включает мощность около 250 см (Можав, Лузько). Таким образом, на почвах с непромывным водным режимом глуби-

на проникновения корней ограничивается толщей промачивания, горизонтом скопления легкорастворимых солей и гипса, и не развивается в слоях породы с мертвым запасом влаги.

На почвах лесного типа почвообразования, на массивах дельтово-пойменных земель корни люцерны имеют поверхностное развитие, а оптимальный уровень пресных грунтовых вод в этих случаях составляет 70 см (Barakat et al., 1971).

Корни люцерны активно участвуют в создании почвенного плодородия. Они вовлекают в почвообразовательный процесс большую массу органического вещества после своего отмирания и особенно азота, синтезированного клубеньковыми бактериями. Почти все учебники но растениеводству приводят классическое сравнение Д. Н. Прянишникова: люцерна после трех лет оставляет на 1 га такое же количество органического вещества и азота, какое содержится примерно в 60 т навоза. Корни люцерны способствуют улучшению физического состояния почвы. Хорошо развиваясь в уплотненных слоях и горизонтах, люцерна рыхлитлит их, делает более благоприятными для последующих культур. Важная экологическая особенность люцерны – слабая чувствительность к уплотнению почв. Поэтому для люцерны вполне пригодны все слитые почвы и почвы со слитыми горизонтами. Люцерна прекрасно удается на тяжелых глинистых почвах, даже заплывающих и бесструктурных. Эти почвы улучшаются после люцерны. В четырехлетних модельных опытах в условиях средней влажности люцерна давала нормальный урожай при порозности 39 % и объемном весе толщи корнеобитания 1,60 г/см^3 (Haass).

Люцерна – культура почв среднего и тяжелого гранулоиетрического состава. На легких почвах она не дает удовлетворительных урожаев. Люцерна целесообразна на глинистых почвах.

Люцерна устойчива к почвенной засухе, но это растение – типичный мезофит. Для хорошего роста стеблей и листьев она нуждается в достаточном обеспечении водой. Оптимум влажности 60 % от полевой влагоемкости, при 80 % наблюдается угнетение от избытка, а при 40 % – от недостатка влаги (Букин, 1975).

Растения люцерны отличаются устойчивостью к слабому засолению и способствуют рассолению верхних горизонтов почвы на орошаемых землях. Устойчива люцерна и к слабой солонцеватостн, продукты ее метаболизма помогают замещению поглощенного натрия на кальций.

Люцерна может участвовать в освоении малопродуктивных эродированных земель, входя в состав травосмесей. Продуктивными

являются следующие сочетания: люцерна 30 %, лядвенец 30 %, ежа сборная 40 %. Без орошения урожай сена этой травосмеси на сухих эродированных склонах в черноземной зоне достигает 32 ц/га (Иванов, 1972).

В полевых севооборотах степных районов люцерну чаще всего подсевают под покров яровых зерновых хлебов, реже – под просо, суданскую траву или в междурядьях кукурузы. В хлопкосеющих районах люцерну высевают без покрова, в растущий хлопчатник или при совместном выращивании с суданской травой и сорго или кукурузой. Выбор места в севообороте определяется в каждом конкретном случае исходя из выполнения плановых заданий. Необходимо во всех случаях иметь в виду, что люцерна дает высокие урожаи сена и семян на чистых от сорняков, плодородных и хорошо обеспеченных влагой полях.

В степных неорошаемых районах хорошие предшественники для нее зерновые, идущие по черному пару, кукуруза, лен масличный, бахчевые. Сахарная свекла – плохой предшественник люцерны, так как сильно иссушает глубокие слои почвы. В орошаемом земледелии люцерну можно размещать практически по любому предшественнику.

В Нечерноземной зоне в специальных кормовых севооборотах ее можно выращивать в выводном поле со сроком пользования 3–4 года.

Клевер. Клевер – растение глобального распространения. Около 300 видов клевера встречаются в Европе, Азии, Северной Америке, Австралии и Африки. В России наибольшее распространение в культуре имеет клевер красный (*Trifolium pratense*). Клевер – главная кормовая культура в севооборотах Нечерноземья и Лесостепи. Он так же, как и люцерна способствует повышению плодородия почв. Клевер влаголюбивое растение. Для получения высоких урожаев семян клевера желательно иметь влажность почвы 80 % наименьшей влагоемкости до фазы цветения, 60 % – во время цветения и 40 % – во время созревания семян (Шаталов, 1979). Для интенсивного роста зеленой массы влажность почвы не должна быть ниже 70–80 % от полевой влагоемкости.

Клевер – культура слабокислых почв. Оптимальное pH 5,5–7,0. Он предъявляет очень жесткие требования к реакции среды, его оптимум pH 6–7. Сильные кислые почвы, а также нейтральные и щелочные, крайне неблагоприятны. Клевер совершенно не переносит карбонатность почв. Хорошие урожаи клевера получают на оподзоленных черноземах, на серых лесных почвах, на окульту-

ренных и произвесткованных дерново-подзолистых и подзолистых почвах. В нечерноземной полосе хорошие посевы клевера наблюдаются на рендзинах выщелоченных, на подбурах, на дерново-мерзлотно-таежных почвах, а также в речных долинах на аллювиально-луговых и луговых почвах. Клевер хорошо осваивает осушенные торфяники. В суббореальном поясе урожаи клевера получают на разных подтипах бурых лесных почв, на буровато-серых лесных почвах и на серых лесостепных со слитым горизонтом. Клевер, как и люцерна, переносит повышенное уплотнение и слитость. В предгорных и среднегорных условиях Северного Кавказа прекрасные посевы клевера наблюдаются на выщелоченных слабослитых черноземах, на слитых черноземах, на тяжелых глинистых темно-серых и серых лесостепных почвах.

Клевер совершенно не выносит засоления, солонцеватости, избыточного увлажнения. Плохо растет на легких супесчаных и песчаных почвах, отрицательно реагирует на скелетность почвы.

Место клевера красного в севообороте определяется видом покровной культуры. Если клевер подсевают под озимую рожь или озимую пшеницу, то он во многих районах располагается в поле, идущем вслед за паром. Его подсевают также под покров ярового ячменя, овса, идущих после картофеля или другой культуры

Иногда клевер красный подсевают под покров вико-овсяной, горохо-овсяной смеси убираемых на зеленый корм или сено. Следовательно, предшественниками клевера могут быть различные культуры. В каждом хозяйстве выбирают такие из них, которые обеспечивают хорошее развитие растений под покровом.

Эспарцет. Эспарцет – растение сухих условий, это типичный ксерофит. Он совершенно не переносит кислых почв и растет только на нейтральных и щелочных почвах с pH 7,0–8,6. Прекрасно удается на карбонатных почвах, в том числе с высоким содержанием извести, до 15–20 %. Ареал возделывания эспарцета практически совпадает с ареалом люцерны. Однако эспарцет заменяет люцерну на почвах слишком сухих, легкого гранулометрического состава, скелетных и маломощных. Это камневыносливая культура. В этих условиях эспарцет – незаменимая культура. Глубокой корневой системой он способствует повышению плодородия почв, использует труднодоступные фосфаты и противостоит почвенной засухе. Например, на маломощных почвах склонов и возвышенностей Башкирии, имеющих разную степень щебенчатости, эспарцет оказался более продуктивным, чем люцерна. Он раньше отрастает весной и дает более высокий урожай. Общая закономерность: чем

суше условия, т. е. меньше мощность и сильнее щебенчатость почв, тем более эспарцет превосходит люцерну по продуктивности. За четыре года урожай эспарцета на влажных участках больше на 19,2–21,0 ц/га, а на сухих – на 56,1 ц/га, т. е. в 2,3 раза выше, чем дает люцерна (Хусаинов, 1973).

Эспарцет является ценной культурой для восстановления плодородия рекультивируемых земель. Он образует мощную корневую систему огромной протяженности и поверхности. На 1 $м^2$ почвы общая поверхность корней эспарцета фракции менее 0,5 мм достигала 92 тыс. $см^2$, а общая протяженность корневой системы находилась в пределах от 5 до 13 км (Избек). При этом характерно, что чем беднее рекультивируемый субстрат породы, тем активнее воздействует на нее эспарцет, развивая большую поверхность и длину корневой системы. Весьма эффективен на рендзинах карбонатных, так как предпочитает почвы, богатые $CaCO_3$.

Эспарцет неустойчив к засолению, хотя и продуктивен в сухих условиях. Хлоридно-сульфатное засоление в количестве 0,05–0,10 % снижает энергию произрастания семян в 2–3 раза (Шаталов, 1979). Плохо переносит эспарцет переувлажненность, близкий уровень грунтовых вод, слитость и избыточную уплотненность почвенного профиля.

Эспарцет выращивают в полевых кормовых и почвозащитных севооборотах. Поэтому предшественниками его могут быть различные культуры. В полевых севооборотах Украины хорошими предшественниками являются озимая пшеница и кукуруза на зеленый корм. В кормовых севооборотах эспарцет размещают после зерновых, кормовых корнеплодов и других культур. При залужении склонов его высевают без покрова в смеси со злаковыми и бобовыми травами.

Донник. Культура донника находит широкое распространение в сухих условиях. Он наиболее эффективен на богаре в зоне каштановых почв. Ценная особенность донника – значительная устойчивость к засолению и солонцеватости. Это делает его важнейшим компонентом агробиологической мелиорации солонцеватых и засоленных почв. Отчуждаемая зеленая масса, аккумулирующая и себе легкорастворимые соли, способствует рассолению почв. Концентрация солей 1,0 % при хлоридно-сульфатном засолении для всех видов донника является вредной, при 0,5–0,6 % допустимой. При такой степени засоленности донник может развиваться и давать нормальный урожай (Четвертных, 1975). Донник лучше всего растет на почвах, богатых $CaCO_3$. Засоленные почвы рассаливает.

Различные сорта донника имеют разные пределы допустимо концентрации засоления. На луговых солонцеватых комплексах возможная концентрация токсичных солей при хлоридно-сульфатном засолении в корнеобитаемом слое почвы для донника зубчатого и для донника желтого находится в пределах 0,5–0,6 %, для волжского и душистого – 0,2 % (Четвертных, 1975). Менее устойчивы к засолению также донник желтый и крымский.

Одна из особенностей донника – широкое разнообразие почвенно-экологических условий, к которым приспосабливается это растение. Донник растет хорошо как на щелочных солонцеватых и карбонатных почвах, так и на слабокислых лесных землях Нечерноземья, на черноземах и каштановых почвах, на легких и тяжелых почвах. Однако донник считается незаменимой культурой для сухих засоленных и солонцеватых почв.

Лучшие предшественники донника – пропашные культуры (картофель, свекла, кукуруза). Но это неприхотливое растение, поэтому его можно возделывать после разнообразных культур.

Лядвенец рогатый. Культура лядвенца имеет очень широкий диапазон приспособляемостп к почвенным условиям. Его возделывают на черноземных и серых лесных почвах, в центральных и северо-западных областях Нечерноземья, на дерново-подзолистых, палево-подзолистых и бурых лесных почвах, в условиях Черноморского побережья Кавказа, на бурых ненасыщенных, желто-бурых почвах, красноземах и желтоземах, в центральных и южных районах, на солонцеватых почвах. Наилучшего развития лядвенец достигает при достаточном увлажнении почв, хотя он и более засухоустойчив чем клевер. Растет на кислых, нейтральных и слабощелочных почвах при pH от 5,5 до 8,3.

Лядвенец осваивает малоплодородные почвы, в том числе песчаные и супесчаные. Его включают в травосмеси на продуктивных эродированных землях. Но эта культура не солеустойчива, хотя и может произрастать на слабосолонцеватых почвах. Не переносит переувлажненности, но вполне мирится с почвами повышенного уплотнения.

Лядвенец рогатый чаще всего высевают в смеси с другими видами многолетних трав. В районах Нечерноземной зоны это второй бобовый компонент в травосмесях полевых совооборотов. При посеве в травосмесях семена лядвенца рогатого должны составлять 25–30 % нормы посева бобовых трав. Также получены хорошие результаты при совместном посеве люцерны и лядвенца. Его подсевают под покров той культуры, которая считается в этом районе наиболее подходящей.

Вика. Как культурное растение вика очень древняя. В настоящее время это самое распространенное из числа однолетних кормовых бобовых растений. Выращивают яровую и озимую (мохнатую) вику. В производстве широко практикуют вико-овсяные и другие смеси.

Вика – холодостойкое и достаточно влаголюбивое растение, поэтому лучше всего удается в лесолуговой и лесостепной зонах. Однако, благодаря высокой экологической пластичности, вику возделывают и в других районах. Стержневой корень вики имеет многочисленные боковые ответвления и глубоко проникает в толщу земли.

Вика возделывается на хорошо известкованных дерново-подзолистых почвах с pH выше 5,5, на серых и бурых лесных, на черноземах восточно-европейской фации. Крайне чувствительна к солонцеватости, засолению, высокой щелочности. Неблагоприятны для вики и карбонатные почвы.

В полевых севооборотах вику яровую высевают в занятом пару для получения сена или зеленой массы или в специальном поле для выращивания семян. В кормовых севооборотах ее можно высевать в различных полях. Она малотребовательна к предшественникам. Хорошо удается после озимых, пропашных культур, яровых хлебов.

Вика яровая – очень хороший предшественник для большинства полевых культур. Повышение урожаев культур, высеваемых после вико-овсяной смеси связано с тем, что эта смесь хорошо очищает поля от сорной растительности и несколько обогащает почву азотом.

Вику озимую на зеленый корм высевают в смеси с рожью в занятом пару или пожнивно после уборки озимых. Пожнивные посевы дают удовлетворительные результаты в южных районах страны с теплой продолжительной осенью и достаточным количеством осадков (Закарпатье).

При выращивании на семена эту культуру лучше размещать в кормовом, овощном или прифермском севообороте, чтобы избежать засорения последующей культуры семенами падалицы. При размещении семенных посевов вики озимой в полевом севообороте необходимо под нее подсевать многолетние травы, тогда всходы вики, появившиеся из осыпавшихся семян, разовьются вместе с подсеянными травами и будут убраны на сено или зеленый корм. Иногда после уборки вики озимой на семена проводят посев однолетних трав или пропашных культур, которые очищают поле от падалицы.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для бобовых трав

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Люцерна			
Содержание гумуса, %	0,5–2,0	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,6	8,6–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины, %	35–45	45–75	75–80
Обменный Na, % от ЕКО	–	1–5	5–8
Плотный остаток, %	–	0,2–0,7	0,7–1,0
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–10	10–20
Клевер красный			
Содержание гумуса, %	0,5–2,0	2–4	4–6
pH водной суспензии	5,0–5,5	5,5–6,5	6,5–7,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины, %	30–45	45–65	65–80
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	Содержание $CaCO_3$ недопустимо		
Эспарцет			
Содержание гумуса, %	–	1–3	3–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,6	8,6–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины, %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5

Окончание табл. 14.1

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Плотный остаток, %	–	менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	1–6	6–12
Донник			
Содержание гумуса, %	0,5–2,0	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,6	8,6–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	1–10	10–15
Плотный остаток, %	–	0,2–0,5	0,5–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–15
Лядвенец рогатый			
Содержание гумуса, %	1–2	2–5	5–8
pH водной суспензии	5,0–5,5	5,5–8,3	8,3–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины, %	10–20	20–50	50–65
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–1	1–2
Вика			
Содержание гумуса, %	1–2	2–5	5–8
pH водной суспензии	5,0–5,5	5,5–7,5	7,5–8,0
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины, %	10–20	20–50	50–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	Содержание $CaCO_3$ недопустимо		

14.2. Злаковые травы: тимофеевка, овсяница, ежа, житняк, костер, пырей, суданская трава

Тимофеевка луговая. Тимофеевка весьма влаголюбивое растение, плохо мирится с почвенной и воздушной засухой. Высокопродуктивна на почвах лесных типов в Нечерноземных областях, где она сопровождает в травосмесях клевер красный. В этих условиях тимофеевка приспосабливается к кислым почвам с pH 4,5–6,5. Хорошо развивается тимофеевка и в зоне черноземов, в долинах и поймах рек на аллювиально-луговых, луговых и лугово-черноземовидных почвах, с реакцией среды 6,5–8,0. Здесь она мирится с некоторой слитостью почвенного профиля. Высокую продуктивность проявляет тимофеевка в зоне лесостепи на серых лесных почвах и на черноземах оподзоленных и выщелоченных.

По гранулометрическому составу для тимофеевки лучше подходят тяжелые почвы, а также суглинистые разновидности. Она плохо удается на песчаных и супесчаных почвах. Не переносит солонцеватости, засоленности и заболоченности. Плохо растет на неполноразвитых почвах с большим содержанием каменистых включений.

В полеводстве тимофеевку луговую чаще всего высевают в смеси с клевером красным, люцерной посевной или другим бобовым растением. Поэтому она занимает то поле в севообороте, которое отведено многолетним травам. В чистом виде ее высевают при семенной культуре. В этом случае посевы размещают после картофеля или корнеплодов, хорошо удобренных навозом, или в специальных севооборотах.

Овсяница. Наибольшее распространение в культуре из рода овсяниц имеет овсяница луговая. Чаще всего встречается в зонах Нечерноземья и Лесостепи, где ее высевают в смесях с клевером красным или люцерной посевной. По требованиям к почвам овсяница луговая близка к тимофеевке луговой. Однако есть некоторые особенности. Овсяница менее требовательна к влаге, может переносить временную почвенную засуху, однако на оптимально увлажненных почвах резко увеличивает урожай сена и семян. Типичные для овсяницы почвы – дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные, бурые лесные почвы. Лучший гранулометрический состав – глинистый и суглинистый.

Овсяница луговая находит распространение и за пределами Нечерноземья и Лесостепи. Она включается в сложные травосмеси

пастбище- и сенокосооборотов, главным образом, на лугах в долинах и поймах рек, аллювиально-луговых, луговых и лугово-черноземовидных почвах. Успешно произрастает также на осушенных болотах. Хорошо вегетирует в широком диапазоне pH 5,5 до 8,0, но не мирится с засолением и солонцеватостью. Из рода овсяниц относительной солеустойчивостью отличается овсяница тростникововидная.

Овсяницу луговую высевают в смеси с клевером красным или люцерной, или эспарцетом

Ежа сборная. Ежа сборная – влаголюбивое растение, дает высокий урожай зеленой массы только на хорошо увлажненных почвах, однако затопление и переувлажнение переносит плохо и склонна к вымоканию. Хорошо растет на осушенных низинных болотных почвах. Может осваивать малопродуктивные эродированные земли, входя в состав травосмесей вместе с лядвенцем, костром безостым и люцерной. К типу почв ежа сборная нетребовательна. Прекрасный рост наблюдается как на дерново-подзолистых, серых и бурых лесных, так и при орошении на черноземах и каштановых почвах. Хорошие результаты показывает на увлажненных почвах речных долин.

Не выносит сильнокислых условий и угнетается при pH 4,2 (Кокорина, 1977). Оптимум pH от 5,5 до 8,0. Крайне чувствительна к засолению и солонцеватости. Предпочитает суглинистые и глинистые почвы.

Житняк. В культуре используется четыре вида житняка: житняк ширококолосый (гребневидный), житняк гребенчатый, житняк сибирский (песчаный), житняк пустынный. Все виды житняков имеют общие особенности. Они очень засухоустойчивы, развивают мощную мочковатую корневую систему, проникающую на глубину 2,0–2,5 м и хорошо противостоящую почвенной засухе. Житняки возделываются в степных, сухостепных и полупустынных районах с нейтральными, слабощелочными и щелочными почвами. Они прекрасно переносят высокое содержание карбонатов, солеустойчивы, противостоят солонцеватости. Не переносят временного переувлажнения, слитости, кислой реакции, близких грунтовых вод.

Житняк ширококолосый (гребневидный) – наилучшая культура для травосмесей на черноземах типичных, обыкновенных, южных, на темно-каштановых почвах. Хорошо растет на тяжелосуглинистых, суглинистых и глинистых почвах, хуже на песчаных и супесчаных. Отличается высокой солеустойчивостью, может осваивать солонцы и солонцеватые почвы.

Житняк гребенчатый – более засухоустойчив, чем ширококолосый, переносит засушливое лето. Хорошо произрастает на почвах каштанового типа, в том числе засоленных и солонцеватых. На черноземах уступает по продуктивности житняку ширококолосому.

Житняк сибирский (песчаный) – менее засухоустойчив, чем другие виды житняков. Хорошо осваивает почвы легкого гранулометрического состава в зонах черноземных степей, сухих степей с каштановыми почвами и полупустынных степей с бурыми почвами. Широкое распространение получил в земледелии юго-восточных районов страны. Отличается от других видов житняков меньшей солеустойчивостью.

Житняк пустынный – самый засухоустойчивый вид житняка. Поэтому он возделывается в сухих и полупустынных степях Арало-Каспийской низменности па светло-каштановых, каштановых и бурых пустынно-степных почвах. Предпочитает глинистые и суглинистые разновидности. Отличается высокой солевыносливостью.

Житняк в смеси с бобовыми травами в большинстве случаев подсевают под покров яровой пшеницы или ячменя, а иногда – под просо. Выбор покровной культуры определяется местными условиями. Однако существует одно правило: подсевать житняк или бобово-житняковую смесь следует под ту покровную культуру, которая обеспечивает получение более высокого урожая сена. В некоторых хозяйствах Северного Казахстана, Западной Сибири освоены 4–5-польные севообороты без многолетних трав. В этих условиях житняк высевают в выводном поле или на пастбищах.

Костер безостый. Относительно засухоустойчивое растение, развивающее корневую систему до глубины 200 см. Приурочивается к нейтральным почвам в черноземной зоне. Дает хорошие урожаи сена па пойменных почвах – аллювиально-луговых, луговых, лугово-черноземовидных суглинистого гранулометрического состава. Выдерживает затопление паводковыми водами. На глинистых бесструктурных заплывающих почвах, а также на слитых почвах всех подтипов сильно изреживается. Требователен к рыхлости и хорошей оструктуренности почв. Не чувствителен к карбонатности. Плохо переносит кислую реакцию среды, каменистость и сильную скелетность почв. Может развиваться на слабосолонцеватых почвах.

Пырей бескорневищный. Очень засухоустойчивый злак с глубокой корневой системой. Обладает высокой способностью осваивать солонцы и солонцеватые почвы. Солеустойчив. Предпочитает

нейтральные и щелочные почвы тяжелосуглинистого и суглинистого гранулометрического состава. Плохо переносит, кислые почвы, переувлажнение и слитость.

Суданская трава. Суданская трава отличается высокой засухоустойчивостью. Она развивает мощную корневую систему, проникающую в почву и материнскую породу до глубины 250 см, что позволяет ей противостоять почвенной засухе, извлекать влагу из глубоких горизонтов. Однако суданская трава резко повышает свою продуктивность при хорошем увлажнении почвы. Лучше всего суданка растет на черноземах. Она может расти даже на слабокислых почвах. В то же время это ценная культура для сухостепных почв каштанового типа. Может осваивать все разновидности механического состава, но на песчаных почвах она снижает продуктивность. Не переносит переувлажнение, затопление, слитость. Суданская трава растет на засоленных и солонцеватых почвах. Опыты на Украине показали, что это- растение целесообразно возделывать даже на содовых солонцах (Лазарчук, 1977). Несмотря на относительную устойчивость к засолению и целесообразность освоения суданкой засоленных и солонцеватых почв, посевы все-таки угнетаются и по состоянию растений можно хорошо проводить границы почвенных контуров на комплексах каштановых и солонцеватых почв.

Суданская трава хорошо растет после зерновых бобовых, кукурузы, многолетних трав и озимых. При размещении этой культуры в полях севооборота необходимо учитывать ее особенности как предшественника. После суданской травы почва бывает иссушена на большую глубину, а легкодоступный азот легко используется на формирование урожая. Поэтому в сухостепных районах после нее размещают бахчевые культуры, у которых корневая система проникает на глубину 10 м. В степных районах на полях из-под суданской травы применяют снегозадержание.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для злаковых трав

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Тимофеевка луговая			
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	6–8
pH водной суспензии	4,5–5,5	5,5–7,5	7,5–8,0
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55

Продолжение табл. 14.2

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание физической глины, %	20–45	45–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–0,5	0,5–1,0
Овсяница			
Содержание гумуса, %	–	2–4	–
pH водной суспензии	4,5–5,5	5,5–7,5	7,5–8,0
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–50	50–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–0,5	–
Ежа сборная			
Содержание гумуса, %	–	2–4	–
pH водной суспензии	–	5,5–8,0	–
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–55	55–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	–
Плотный остаток, %	–	Менее 0,2	–
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–0,5	–
Житняк			
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %: житняки ширококолосый и гребенчатый житняки сибирский и пустынный	 30–40 5–10	 40–60 10–30	 60–70 30–45
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10

Окончание табл. 14.2

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Плотный остаток, %	–	0,1–0,4	0,4–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–20
Костер безостый			
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 5	5–10
Плотный остаток, %	–	Мене 0,2	0,2–0,4
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–15
Пырей безкорневищный			
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,34–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины, %	20–45	45–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	менее 5	5–15
Плотный остаток, %	–	мене 0,2	0,2–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–15
Суданская трава			
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	5,5–6,0	6,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины, %	10–20	20–50	50–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 5	5–15
Плотный остаток, %	–	Мене 0,2	0,2–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–15

15. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ МНОГОЛЕТНИХ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

15.1. Плодовые семечковые культуры: яблоня, груша, айва

Яблоня. Культура яблони имеет большой ареал распространения: от умеренно-теплых условий бореального пояса до субтропиков.

Род *Mallus Mill* насчитывает многие десятки видов, природный ареал которых охватывает Кавказ, Восточную, Среднюю и Малую Азию, Европу и Северную Америку. Только вот в тропических условиях яблоня не произрастает, а плоды ее являются экзотическими фруктами.

Велико разнообразие почв, использующихся под яблоневые сады. Это подзолистые и дерново-подзолистые почвы, серые лесные и бурые лесные, все подтипы черноземов, каштановые почвы, коричневые, желтоземы, желто-бурые лесные почвы, красноземы, почвы речных долин и дельт и т. д. При нормальном уходе за садом яблони прекрасно растут и плодоносят практически па всех типах почв, от подзолов до сероземов, исключая явно заболоченные, засоленные и солонцеватые почвы: Однако уровень естественного плодородия неодинаков. Бонитировочными исследованиями на Северном Кавказе, в Молдове, в Украине установлена общая закономерность: от богатых гумусом типичных и выщелоченных черноземов плодородие падает без орошения по мере нарастания сухости почвенных условий к обыкновенным, южным черноземам и каштановым почвам, а также по мере увеличения степени элювиированности, промытости почвенного профиля, т. е. к оподзоленным черноземам, серым и бурым лесным, к дерново-золистым почвам (табл. 15.1).

Для яблони высокие баллы бонитета характерны как для почв с большими запасами гумуса (черноземы), так и для почв малогумусных (аллювиально-луговые). Однако если исключить почвы речных долин, то проглядывается закономерная зависимость урожайности от количества органического вещества в профиле почв, оцениваемая коэффициентами корреляции 0,82–0,87.

Таблица 15.1

Оценочная бонитировочная шкала для почв тяжелосуглинистого гранулометрического состава под яблоней

Почвы	Оценочные баллы	
	Северный Кавказ (Неговелов, Вальков, 1985)	Молдова (Крупенников и др., 1976)
Черноземы оподзоленные	–	85
выщелоченные	100	100
типичные	90	92
карбонатные	81	62
каштановые (южные)	49	–
каштановые (южные) суглинистые	57	–
каштановые (южные) легкосуглинистые	62	–
слитые	34	35
Лугово-черноземные	94	67
Аллювиально-луговые	92	72
Рендзины типичные	41	–
выщелоченные	78	–
Бурые лесные насыщенные	55	–
Темно-серые лесные	43	76
Серые лесные	40	68

Правда, в степных условиях такая же корреляция наблюдается между запасами гумуса в почвах и условиями увлажнения.

Корневая система яблони очень пластична и может приспосабливаться к разной мощности корнеобитаемого слоя. На почвах рыхлых, например черноземного типа почвообразования, корни яблони проникают весьма глубоко, до 3 и более метров, а на лесных почвах они сосредоточиваются в поверхностных горизонтах до глубины 60–80 см. Наблюдается общая тенденция углубления корневой системы по мере увеличения сухости климата.

В степных условиях глубокое проникновение корней в нижние горизонты почв и в почвообразующую породу обусловлено экологической необходимостью поиска влаги.

В условиях умеренного климата типична следующая закономерность: в теплые периоды года парообразная вода атмосферы

мигрирует в холодные слои почв и почвообразующих пород с возможной ее конденсацией и, наоборот, в зимнее время происходит обратный процесс – миграция пара из глубоких слоев и его конденсация в верхних почвенных горизонтах. По исследованиям С. Ф. Неговелова, в Краснодарском крае в отдельные годы накопление в почвенных слоях конденсационной воды к началу весны может достигать 200 м^3 на 1 га.

При бонитировочных исследованиях почв Северо-Западного Кавказа установлено, что уровень плодородия для яблони снижается по мере уменьшения мощности: обыкновенные сверхмощные черноземы оцениваются в 81 балл, мощные – 66, рендзины мощные – 44, среднемощные – 31. Общая зависимость между урожайностью и мощностью почвы оценивается коэффициентом корреляции 0,84, при высоком уровне доверительной вероятности. Примечательно, что генетическая особенность почв определяет разную степень и соразмерность показателей плодородия. У черноземов наивысший уровень плодородия имеют виды с мощностью гумусовых горизонтов 160, у лугово-черноземных почв – 116, а у лесных почв разных типов – 100 см.

Уровень плодородия почв для яблони определяется во многом запасами органического вещества и мощностью гумусовых горизонтов. Долговечность сада зависит от мощности корнеобитаемой толщи, включающей собственно гумусовые горизонты и проницаемую для корней подпочву. Эта толща не должна содержать негативных показателей, ограничивающих срок жизни деревьев. К таким показателям относятся высокая щелочность и засоленность, излишняя плотность горизонтов, солонцеватость, грунтовые воды, скелетность и каменистость и другие свойства почв.

Необходимая мощность корнеобитаемой толщи зависит от типа почв, от сортового ассортимента и от подвоев. Яблоня, произрастающая на дерново-подзолистых, серых, бурых и желто-бурых лесных почвах, на желтоземах и красноземах, вполне ограничивается корнеобитаемой толщи, не содержащей отрицательных характеристик, мощностью 60–100 см. Необходимо отметить, что на почвах лесных типов глубокая междурядная обработка исключает из корнеобитаемого объема наиболее плодородную часть, а именно – горизонт A_1 до глубины 20–25 см. Зона обитания корней сокращается и яблоня попадает в условия, несвойственные лесным биоценозам с поверхностным развитием корней. Этим, по-видимому, определяется недостаточно высокий уровень плодородия лесных почв под садами, хотя по экологической логике деревья

должны находить лучшие условия для развития именно на лесных почвах.

На почвах черноземного типа, коричневых и других с ясно выраженным напряженным водным балансом для нормального развития яблони требуется значительно большая мощность корнеобитаемой толщи. Обычно для летних сортов эта величина составляет 200–250 см, для зимних – 250–300 см при условии их культуры на сильнорослых подвоях. Яблоня на дусене и парадизке может ограничиваться меньшей мощностью, до 150–200 см.

Такие придержки характерны для глубокорыхлых почв. Часто, в черноземной зоне почвы формируются на очень плотных глинах с негативными свойствами (засоление, солонцеватость). Эти глины располагаются с глубины 120–160 см. Но их отрицательные свойства могут не отражаться на яблони, если эти глинистые подпочвы отличаются высокой плотностью (объемный вес более 1,60 г/см^3). Корни яблони не проникают в плотные глины. Такие почвы вполне могут быть использованы для закладки яблоневого сада.

На почвах с непромывным водным режимом (южные черноземы, каштановые, серо-коричневые) в условиях богары почвы и материнские породы необходимо оценивать со стороны оптимальных и негативных характеристик до глубины среднего многолетнего промачивания, которая обычно определена уровнем залегания гипсового горизонта. Глубже уровня промачивания расположен горизонт с мертвым запасом воды, недоступной для использования растениями, и его негативные свойства практически не оказывают влияния на рост и плодоношение яблони, если не происходит изменение водного баланса территории. Таким образом, для южных черноземов и каштановых почв активный корнеобитаемый слой можно ограничивать мощностью 150–200 см.

Корнеобитаемая толща должна иметь следующие оптимальные характеристики:

1. Лучшие по гранулометрическому составу почвы в условиях с коэффициентом увлажнения менее 1,0 – средне- и тяжелосуглинистые, а черноземы даже легкосуглинистые – с содержанием физической глины от 30 до 65 %. В лесных почвах влажного климата оптимум сдвигается в сторону более легкого гранулометрического состава. Это легкие и средние суглинки с содержанием физической глины 25–45 %.
2. Яблоня предъявляет важное требование к плотности корнеобитаемого слоя. Лучшие условия создаются при плотности 1,35–1,40 г/см^3.

3. Яблоня растет в широких пределах реакции среды: pH от 5,5 до 8,5 но экологический оптимум составляет 6,9–7,5. Крайне негативна высокая щелочность при pH более 8,6. Такие условия идентифицируются пробой почвенной суспензии с фенолфталеином (розовое окрашивание). При pH ниже 5,5 необходимо известкование почвы.
4. Корнеобитаемая толща может быть карбонатной однако свойство карбонатности по исследованиям па Северном Кавказе снижает плодородие на 10–20 %. Негативно сказывается на росте и плодоношении яблони повышенная карбонатность, и сады не следует закладывать, если в корнеобитаемой толще наблюдаются горизонты с содержанием $CaCO_3$ более 12–15 % (элювий известковых пород, мергелистые глины и др.).
5. Яблоня неустойчива к солонцеватости почв. Установлена обратная связь между количеством корней и обменным натрием. Даже слабосолонцеватые почвы не следует занимать посадками яблони.
6. Яблоня чувствительна к засолению почвы. Предельно допустимые концентрации суммы вредных нейтральных солей по С. Ф. Неговелову определяются величиной менее 2,0 м.-экв на 100 г. При сульфатном засолении переносимой концентрацией можно считать 3,0–3,5 м.-экв, а хлоридов 0,8 м.-экв на 100 г почвы. Вредные щелочные соли (без бикарбоната кальция) более ядовиты и их содержание должно быть меньше 0,3 м.-экв на 100 г.
7. Яблоня хорошо растет и плодоносит при достаточном увлажнении, по и деревья могут отличаться засухоустойчивостью в том случае, если они привиты на лесной яблоне, на сеянцах выносливых культурных слоев и на дусенах II и V. Более требовательны к влаге яблони на подвоях – дусене III и парадизке VIII и IX. Яблоня на этих подвоях выносит также более высокий уровень грунтовых вод. Дусен III более устойчив к несколько засоленным и уплотненным почвам и является лучшим подпоем для орошаемых участков.

Яблоня не переносит заболачивания, и все глеевые роды и подтипы лесных почв непригодны для яблони без мелиорации по водорегулированию. Близкий уровень грунтовой воды с повышенной концентрацией солей также неблагоприятен. Лучшие почвы для зимних сортов в этих случаях создаются на почвах с грунтовыми водами глубже 3,0–3,5 м; для зимних сортов на сильнорослых под-

воях, глубже 2,5–3,5 м; для летних сортов на сильнорослых подвоях. Пресные грунтовые воды могут залегать на глубине 1,5–2,0 м.

8. Слабая скелетность корнеобитаемой толщи оказывает благоприятное влияние на рост и развитие яблони. Предельные показатели содержания скелета для черноземных и коричневых почв в слое 0–50 см составляют 20–50 %, в слое 50–100 см – 50, в слое 100–150 см – 60–70 % от объема почвы (Опанасенко, 1977).

Яблоня, как и другая древесная плодовая растительность, при неблагоприятных почвенных условиях никогда не гибнет сразу, а сначала обнаруживает болезненные симптомы в течение ряда лет, а затем уже погибает. Возможны два случая: если неблагоприятные условия начинаются с поверхности или неглубоко от поверхности, то болезненные симптомы проявляются уже в первые годы после посадки. Чем сильнее выражены неблагоприятные условия, тем меньше срок жизни дерева, резче проявляется болезненность. Непосредственно наблюдаемой причиной гибели яблони, особенно вступившей в пору плодоношения (в возрасте 12–18 лет), является вымерзание. Но вымерзают плохо подготовленные к зиме деревья, а эта неподготовленность – следствие неблагоприятных почвенных условий. При неблагоприятных условиях на глубине почвы и подпочвы (в третьем метре) сады яблони могут длительное время развиваться нормально и только к 20 годам начинают испытывать болезненные симптомы, быстро увеличивающиеся и приводящие к гибели сада через 4–5 лет.

Неблагоприятные почвенные условия ведут к следующим нежелательным явлениям у плодовых пород: преждевременная гибель сада; пониженная устойчивость плодовых к заболеваниям и появлению вредителей (некроз, черный рак, калифорнийская щитовка, яблоневая стекляница, древесница въедливая и др.) резкое снижение урожайности, часто в 10–12 раз меньше, чем в нормальных условиях; суховершинность и снижение активности листового аппарата и корневой системы; резкое увеличение падалицы; слабый вегетативный рост, низкорослость деревьев. Сады могут угнетаться и гибнуть не только из-за неблагоприятных почвенно-гидрологических условий, но и по другим причинам (сильная пораженность вредителями, резкое нарушение агротехники, вымерзание и т. д.). В этих случаях пораженный сад не имеет какой-либо конфигурации, не связан с микрорельефом, а занимает обычно сплошной массив. Сады, угнетенные и погибающие из-за неблагоприятных почвенных условий, чаще всего имеют конфигурацию почвенных разновидностей, т. е., рядом с пораженными деревьями существуют здоровые экземпляры, но уже на другой почве. Распространение

почв во многих случаях зависит от рельефа, поэтому и распределение в саду участков с угнетенными и здоровыми деревьями связано с рельефом. Если при беглом осмотре садового участка бросаются в глаза пятна погибающих деревьев на фоне удовлетворительного сада, то можно с уверенностью предположить, что наблюдаемое угнетение вызвано неблагоприятными почвенными или гидрологическими условиями. Трудно судить о причинах гибели сада, если весь участок представлен погибающими деревьями. В этом случае необходим детальный анализ всех условий.

В бореальном поясе для яблони непригодны сильноподзолистые почвы, подстилаемые плотным, труднопроницаемым для корней иллювиальным (ортштейновым) горизонтом на глубине 40–60 см; луговые карбонатные почвы, подстилаемые на глубине 70–90 см карбонатными пресноводными или другими некарбонатными плотными породами, а также луговые поверхностные, оглеенные почвы на тех же породах, характеризующиеся близким залеганием подпочвенных вод (ближе 1,3 м весной и осенью).

Непригодными являются подтипы глеево-подзолистых и глеево-дерново-подзолистых почв, различные подтипы болотных почв. В суббореальном биоклиматическом поясе непригодными являются бурые лесные глеевые почвы, солонцы и солонцеватые почвы, солончаки и солончаковые почвы разных типов. Неудовлетворительны ортштейновые псевдоподзолы и бурые лесные ортштейновые псевдоподзолистые почвы. В субтропиках неудовлетворительны глеевые желтоземные почвы, субтропические ортштейновые подзолы, солонцеватые и солончаковатые серо-коричневые почвы.

Груша. Видовой состав груши твердо не установлен. Описано около 60 видов. Основные очаги водообразования размещены в субтропиках Восточной Азии, в Гималаях, в Средней Азии, на Кавказе, в Средиземноморье и Европе, т. е. в регионах, отличающихся большим разнообразием природных условий, от зимостойких до неустойчивых к морозам, от влаголюбивых до засухоустойчивых. Возделывается человеком в основном груша домашняя, европейская (*Pyrus domestica*), произошедшая из разных диких видов.

Грушу обычно по экологическим особенностям сравнивают с яблоней. Исследователи в Украине и Крыму считают грушу более требовательной к экологическим условиям произрастания (Иванов, Иванова и др., 1998). На Северном Кавказе груша приравнивается к яблоне (Неговелов, Вальков, 1985).

Требования к почвам груши почти такие же, как и к почвам яблони. Некоторые экологические особенности создают подвои.

Груша, привитая на груше, требовательна к влаге, чувствительна к засолению и не переносит близкого уровня грунтовых вод. Но если груша привита на айве, то она может успешно расти и на слабозасоленных почвах с близким уровнем грунтовых вод. Груша на айве удается также и на уплотненных почвах, чего нельзя сказать о груше, привитой на груше.

Оценочные баллы различных почв для груши разработаны для условий Молдовы (табл. 15.2).

Таблица 15.2

Шкала бонитета почв тяжелосуглинистого гранулометрического состава для груши (Крупеников, Лунина, Рябинина, Лесина, Мартин)

Почвы	Оценочные баллы по урожайности сортов						
	Любимица Клаппа	Вильямс летний	Сеянец Киффа	Лесная красавица	Ильинка	Бере Арданон	Для всех сортов
Серые лесные	70	75	81	65	65	51	67
Темно-серые лесные	79	78	90	70	69	60	74
Черноземы оподзоленные	90	90	95	90	90	70	87
выщелоченные	100	100	100	100	100	100	100
типичные	88	88	100	92	87	99	92
обыкновенные	85	81	93	65	63	74	77
карбонатные	81	90	83	39	44	62	66
слитые	41	53	39	28	27	40	38
Лугово-дерновые	110	85	75	50	43	78	73
Лугово-черноземные	105	93	72	90	90	90	90
Пойменно-луговые	73	46	45	55	55	55	54

Груша хорошо растет в пределах pH от 0,5 до 8,5. В кислых условиях груша менее устойчива к неблагоприятным факторам (парша, рак растений), хуже прививается, уменьшает рост надземной части и корневой системы. При pH менее 5,0 почвы нуждаются в известковании. Карбонатность почв может вызывать хлороз, если

содержание $CaCO_3$ выше определенного предела. Карбонато-устойчивость зависит от подвоя. Для сортов груши на айве-А допустимо не более 7 %, на груше лохолистной – до 30 %, на сеянцах груши – более 30 % $CaCO_3$ в корнеобитаемой толще (Иванов, Иванова и др., 1998).

В целом по многим почвенно-экологическим характеристикам (мощность, скелетность, отношение к влаге, реакция среды, гранулометрический состав, грунтовые воды и т. д.) груша очень похожа на яблоню.

Айва (*Cydonia Ablonda Mill.*) – древняя культура, возделываемая свыше 4000 лет. Дикая ее форма встречается в районах Большого и Малого Кавказа, в Ленкоранской низменности, в северном Ираке, в ущельях горных рек Туркмении. Характерной чертой почв этих районов является более высокая влагообеспеченность по сравнению с зональными почвами. Поэтому культура айвы влаголюбива, переносит некоторое избыточное переувлажнение. На сухих почвах плоды получаются мелкие.

Айва характеризуется неглубокой корневой системой, максимальный корнеобитаемый слой которой не располагается ниже 200 см. В хорошо увлажняемых почвах, в том числе и при орошении, айва формирует густую поверхностно расположенную корневую систему на глубине 10–70 см.

Не требовательна культура к гранулометрическому составу: в различных регионах успешно произрастает от песчаных до глинистых почв (Иванов, Иванова, 1998).

Айва солонцеустойчива. Ее можно размещать на солонцеватых почвах с содержанием обменного Na до 15 % от ЕКО. Устойчива айва к засолению: приемлемы слабо- и среднезасоленные почвы разного состава засоления.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 15.3.

Таблица 15.3

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для плодовых семечковых культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Яблоня, груша			
Мощность корнеобитаемой толщи, см а – влажные условия (Ку более 0,8); б – полувлажные условия (Ку менее 0,8)	 50–90 150–250	 90–100 250–300	 – –

Окончание табл. 15.3

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,40	1,40–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–65	65–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–10	10–20
Каменистость, % от объема	–	Менее 5	5–30
Айва			
Мощность корнеобитаемой толщи, см а – влажные условия (Ку более 0,8); б – полувлажные условия (Ку менее 0,8)	 60–80 80–100	 80–100 100–150	 – –
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–7,0	7,0–8,5	8,5–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–30	30–55	55–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 5	5–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–10	10–20
Каменистость, % от объема	–	Менее 5	5–20

15.2. Плодовые косточковые культуры: слива, вишня, черешня, абрикос, алыча, персик

Слива и вишня. Требования сливы и вишни к почвам несколько иные, чем у яблони и груши, хотя их ареалы совпадают. Прежде всего, для этих культур необходима меньшая мощность корнеобитаемой толщи. Она составляет для умеренно-сухих условий черноземов и коричневых почв около 200 см, а для влажных серых и

бурых лесных почв, желтоземов и красноземов на равнинных участках 80–100 см, на дренированных склонах достаточно 40–60 см. Слива и вишня более чувствительны к кислым условиям, оптимум pH начинается от 6,5. Эти культуры переносят высокое содержание карбонатов, если почвы имеют достаточную мощность и хорошее гумусовое содержание.

Особенностью сливы является меньшая чувствительность к уплотнению почвы, чем у всех плодовых пород. Хорошее развитие деревьев наблюдается при уплотнении корнеобитаемой толщи 1,40–1,50 г/см^3. Поэтому для сливы вполне пригодны слабослитые почвы, а слитоземы и серые лесостепные почвы со слитым горизонтом при расположении на дренированных склонах могут давать сады вполне удовлетворительной урожайности.

Бонитировочная оценка почв для сливы и вишни показана в табл. 15.4 (Крупеников, Лунина, Рябинина, Лесина, Мартин).

По гранулометрическому составу предпочтительнее почвы суглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые. Совершенно неудовлетворительны почвы легкого состава.

Таблица 15.4

Шкала бонитета почв тяжелосуглинистого гранулометрического состава для сливы, вишни, черешни и абрикоса

Почвы	Оценочные баллы			
	слива	вишня	черешня	абрикос
Серые лесные	63	71	68	83
Темно-серые лесные	70	106	77	93
Черноземы оподзоленные	78	110	88	96
выщелоченные	100	100	100	100
типичные	83	84	80	92
обыкновенные	72	67	60	87
карбонатные	78	63	54	81
слитые	67	31	54	40
Лугово-дерновые	84	95	62	83
Лугово-черноземные	89	98	80	91
Пойменно-луговые	54	75	–	–

Черешня. Черешня отличается высокой требовательностью к почвам, приближающимся к требованиям семечковых пород. Здесь характерно общее правило: почвы, пригодные под яблоню и грушу, вполне приемлемы для черешни, или почвы, непригодные под семечковые породы, вряд ли могут быть использованы для черешни. Но есть и некоторые особенности. Прежде всего, черешня требует очень рыхлых почв: лучшая плотность для нее 1,25–1,35 г/см^3.

Из всех плодовых самые рыхлые почвы следует выделять для черешни. Далее, черешня не реагирует отрицательно на легкий гранулометрический состав и хорошо плодоносит даже на супесчаных почвах, особенно в зонах лесных влажных почв. Здесь же для нее неблагоприятны тяжелосуглинистые и глинистые почвы, отличающиеся бесструктуриостью, склонные к заплыванию. Урожайность резко снижается на слитых почвах, особенно при расположении их на выравненных участках без достаточного естественного дренажа. В условиях Молдовы оценка слитых почв для черешни в два раза ниже, чем неслитых черноземов (см. табл. 15.4). Более жесткие условия создает слитость на Северном Кавказе, где черешня на подобных почвах малоурожайна и недолговечна.

Почвы тяжелого состава, но обладающие рыхлостью и структурностью, весьма благоприятны для черешни (черноземы типичные и выщелоченные). Особенно хорошие условия черешня находит на суглинистых почвах речных долин при оптимальном залегании уровня грунтовых вод (лугово-черноземные, лугово-черноземовидные, аллювиально-луговые почвы). Предельные показатели содержания скелета на черноземах и коричневых почвах составляют в слое 0–50 см – 20 %, в слое 50–100 см – 40 и в слое 100–150 см – 50 % от объема почвы (Опанасенко, 1981).

На экологическую приспособляемость черешни оказывает влияние подвой. Черешня в засушливых районах, на незаосоленых почвах хорошо удается на антипке, а местные дикие формы черешни – на почвах влажных и несколько уплотненных. Черешня может переносить некоторое уплотнение, если она привита на вишне.

Абрикос. Абрикос произрастает на широком диапазоне почв: от лесных до сухих каштановых и серо-коричневых почв, однако из всех плодовых он более засухоустойчив, хотя и очень положительно реагирует на хорошее увлажнение. Весьма показательны

лессовидные сероземы Средней Азии, на которых абрикос продуктивен, долговечен и непревзойден по качественным характеристикам плодов.

Оптимальны мощность почвы и почвообразующей породы в умеренно-сухих условиях для абрикоса около 200 см, во влажных – около 60–80 см. Эта толща должна обладать теми экологическими особенностями, которые отмечены для яблони. Однако абрикос нечувствителен к высокой карбонатности. На почвах Крыма с содержанием извести до 50 % сады абрикоса развиваются нормально (Молчанов). Плохо мирится абрикос с песчаными почвами. В Воронежской области песчаные почвы оказались непригодными для абрикоса. Деревья поражаются ожогами, млечным блеском, резко снижается устойчивость древесины и плодовых почек. Их всех плодовых абрикос более солеустойчив, хотя и не выходит за общие придержки, характерные для плодовых культур. При возможности размещения па несколько засоленных почвах садовых культур, прежде всего, на них следует размещать посадки абрикоса. Абрикос в засушливых условиях лучше сажать привитым на сеянцы местных форм абрикоса (жерделы). Во влажных районах лучшим подвоем для него является алыча. Абрикос на алыче неплохо переносит также близкий уровень грунтовых вод.

Алыча. Эта культура приспособлена к широкому спектру разнообразия почвенного покрова. На Северном Кавказе для алычи благоприятны бурые и серые лесные почвы, желтоземы и разные подтипы черноземов. Может переносить некоторое незастойное переувлажнение. Не требовательна к плотности почв: плотность корнеобитаемой толщи 1,55–1,60 г/см^3 может обеспечивать нормальное плодоношение. В Крыму при орошении алыча высокопродуктивна на коричневых почвах, предгорных и горных черноземах, на темно-каштановых даже солонцеватых почвах (Иванов, Иванова, 1988). Карбонатность почвенной толщи не является препятствием для мощного развития корневой системы. Следует признать, что по почвенной экологии алыча весьма близка к сливе.

Персик. Эта культура лучше растет на хорошо водо- и воздухопроницаемых почвах без признаков слитости. Лучший гранулометрический состав средне-и тяжелосуглинистый. Удается на слабокислых, нейтральных и слабощелочных почвах. Карбонатоустойчив. Мощность корнеобитаемой толщи не превышает 200 см в относительно засушливых условиях.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 15.5.

Таблица 15.5

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для плодовых косточковых культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Слива, вишня			
Мощность корнеобитаемой толщи, см: а – влажные условия (Ку более 0,8); б – полувлажные условия (Ку менее 0,8)	 50–80 100–150	 80–100 150–200	 – –
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см^3	1,20–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–45	45–70	70–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 3	3–6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	15–20
Каменистость, % от объема	–	0–10	10–35
Черешня			
Мощность корнеобитаемой толщи, см: а – влажные условия (Ку более 0,8); б – сухие условия (Ку менее 0,8)	 50–90 150–250	 90–100 250–300	 – –
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см^3	–	Менее 1,35	1,35–1,45
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–45	45–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 3	3–6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–15
Каменистость, % от объема	–	0–10	10–20
Абрикос			
Мощность корнеобитаемой толщи, см: а – влажные условия (Ку более 0,8); б – сухие условия (Ку менее 0,8)	 60–80 150–200	 80–100 200–250	 – –
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	–
pH водной суспензии	6,0–7,0	7,0–8,2	8,2–8,6

Продолжение табл. 15.5

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–55	55–65
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 0,2	0,2–0,4
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 3	3–8
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–6	6–40
Каменистость, % от объема	–	0–5	5–25
Алыча			
Мощность корнеобитаемой толщи, см: а – влажные условия (Ку более 0,8); б – сухие условия (Ку менее 0,8)	 50–80 100–120	 80–100 120–180	 – –
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–45	45–65	65–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 3	3–6
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–6	15–20
Каменистость, % от объема	–	0–5	10–35
Персик			
Мощность корнеобитаемой толщи, см: а – влажные условия (Ку более 0,8); б – сухие условия (Ку менее 0,8)	 40–70 100–130	 70–100 130–150	 – –
Содержание гумуса, %	1–3	3–6	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70

Окончание табл. 15.5

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 0,2	0,2–0,4
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 5	5–7
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–8	8–30
Каменистость, % от объема	–	0–20	20–40

15.3. Орехоплодные культуры: грецкий орех, фундук

Грецкий орех. Культура грецкого ореха лучшие условия для произрастания находит в условиях субтропического пояса с коричневыми почвами, а также в зоне черноземов южно-европейской фации. На этих почвах, обладающих высоким плодородием, рыхлым сложением и глубокой рухляковой толщей, грецкий орех развивает мощную корневую систему, которая может противостоять временной почвенной засухе. Например, на выщелоченных черноземах Кубани в корневой системе грецкого ореха количественно преобладают вертикальные корни, которые расположены в радиусе 150–200 см от ствола и проникают на глубину 380–400 см. Горизонтальных корней до границы проекции кроны 78 %, за пределами кроны – 22 %. Основная масса горизонтальных корней в слое до 80 см проникают на глубину 160–180 см (Тхагушев, Хлоненкова, 1977). Обычно необходимая корнеобитаемая толща без негативных показателей на черноземах, коричневых почвах и различных подтипах дельтово-долинных почв составляет 150–200 см.

Культура ореха успешно развивается и на почвах влажного ряда в субтропиках и в суббореальном поясе. Здесь хорошие посадки ореха встречаются на различных подтипах бурых лесных почв, на желто-бурых и буровато-серых лесных почвах. При культуре ореха на влажных почвах мощность корнеобитаемой толщи, необходимой для роста деревьев, сокращается до 60–80 см.

Во всех случаях лучшим гранулометрическим составом является суглинистый, а у черноземов и коричневых почв – также тяжелосуглинистый и легкоглинистый. Рыхлость профиля – обязательное условие. Оптимум уплотнения составляет 1,35–1,45 г/см. Слитость – явление негативное для грецкого ореха. Оглеение, временное переувлажнение почв, близкие грунтовые воды угнетают деревья и приводят к преждевременной гибели. Критический уровень грунтовых минерализованных вод – 2,0 м.

Растет грецкий орех в широком диапазоне pH от 5,6 до 8,6, однако большей частью его посадки встречаются на нейтральных и слабощелочных почвах. Орех прекрасно мирится с умеренной карбонатностью, с содержанием $CaCO_3$ менее 8–10 %. Грецкий орех неустойчив к засолению. Предельная степень засоления корнеобитаемой толщи составляет 0,25 %. При засолении 0,25–0,50 % деревья сильно отстают в росте, слабо плодоносят, при засолении более 0,50 – гибнут в первые годы (Бессарабов). Грецкий орех неустойчив и к солонцеватости.

Грецкий орех, безусловно, лучшие условия находит на глубоких и плодородных почвах. Однако он может произрастать и на бедных почвах. В Северной Армении культивируют грецкий орех на сильнокаменистых почвах с небольшим гумусовым горизонтом средне- и легкосуглинистого состава. Почвы на плотных третичных глинах для ореха неблагоприятны, особенно, если эти глины содержат в себе легкорастворимые соли и гипс.

Фундук. Кустарники фундука произрастают главным образом на почвах лесных типов (дерново-подзолистые, серые и бурые лесные, лесостепные почвы, рендзины, долинные почвы и др.) в умеренных областях бореального пояса и в суббореальном поясе. Однако фундук – растение неприхотливое и может расти на самых разнообразных вариантах этих почв, даже на маломощных и сильно смытых. Конечно, лучшие полноразвитые почвы более благоприятны, но тот факт, что фундук успешно растет на почвах малоценных для других культур, должен учитываться при качественной оценке земельного фонда. Поэтому для фундука рациональнее использовать смытые малоценные почвы различной степени скелетности и гранулометрического состава, расположенные большей частью на склонах. Почвы могут быть кислыми и щелочными, но не избыточно увлажненными, так как заболачивание фундук переносит очень плохо.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 15.6.

Таблица 15.6

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для орехоплодных культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Грецкий орех			
Мощность корнеобитаемой толщи, см: а – влажные условия (Ку более 0,8); б – полувлажные условия (Ку менее 0,8)	 40–60 150–200	 60–80 200–30	 – –
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	–
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–8,5	8,5–8,7

Окончание табл. 15.6

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–65	65–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–5	5–20
Каменистость, % от объема	–	0–15	15–30
Фундук			
Мощность корнеобитаемой толщи, см	40–50	50–100	–
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	–
pH водной суспензии	5,0–5,5	5,5–8,0	8,0–8,6
Плотность, г/см^3	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	Менее 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно–сульфатном засолении, %	–	Менее 0,2	0,2–0,3
Содержание $CaCO_3$, %	–	0–10	10–25
Каменистость, % от объема	–	0–20	20–40

16. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ВИНОГРАДА

Виноградарское направление в почвоведении превратилось в раздел агрономического почвоведения – ампелопедологию. Развитие этого направления связано с исследованиями В. В. Докучаева, П. А. Костычева, С. А. Захарова, В. В. Полынова, П. В. Иванова, О. А. Саникидзе. В последние десятилетия исследования в области ампелопедологии проводились С. Ф. Неговеловым, В. Г. Унгуряном, А. К. Крылатовым и др. В культуре винограда имеется 70 видов рода (Vitis L.), из них пять-шесть видов культивируются как плодовые, остальные используются в качестве подвоев и исходных форм для получения новых сортов винограда. Одна из особенностей винограда – мощное развитие надземной части куста за счет большого числа длинных, но тонких побегов, удерживаемых в вертикальном положении особыми органами – усиками, а также соответствующее мощности надземной части куста развитие корневой системы, состоящей из большого числа корней с множеством разветвлений и обильным числом мелких мясистых корешков, обладающих повышенной способностью извлечения питательных веществ из минеральной части почвы.

Отличительным свойством виноградного растения является его большая приспособленность к различным условиям внешней среды, благодаря мощной и глубокой корневой системе. Виноград плодоносит на самых разнообразных почвах суббореального и субтропического биоклиматических поясов (от бурых лесных до каштановых и от сероземов до красноземов и желтоземов).

Виноград – относительно засухоустойчивое пластичное растение. Глубоко проникающие в почву корни позволяют ему пользоваться влагой нижних слоев почвы и подпочвы и легче переносить засуху, но в то же время виноград четко реагирует на улучшение водообеспеченности повышенной урожайностью. Граница богарного виноградарства проходит по районам с балансом влаги (ГТК) 0,5 и менее (Штарева, 1966). При высокой влажности воздуха и почвы наблюдается усиленный рост вегетативных органов и ягод, но зеленые побеги при этом бывают более нежными, хрупкими и легко обламываются, созревание ягод задерживается, древесина хуже вызревает. Избыточное увлажнение периода, предшествующего сбору, ведет к понижению сахаристости ягод. По данным Ф. Ф. Давитая (1952), количест-

во осадков в месяц, предшествующий сбору винограда, не должен превышать 50 мм. Зависимость сахаристости винограда от влагообеспеченности почвы в период созревания подтверждается данными Л. И. Фурса (1977). При влажности 60 % от ПВ сахаристость принималась 1,00 %, при увеличении влажности до 70 % сахаристость винограда снижалась на 17 %, а при увеличении до 80 % от полевой влагоемкости сахаристость становилась на 34 % ниже, чем при влажности 60 %. Наоборот, снижение влажности до 50 % увеличивало количество сахара в ягодах на 17 %. По данным Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия, на черноземах Приазовья наилучший режим влажности в корнеобитаемом слое (2,0–2,5 м) следующий: в период покоя виноградного куста около 100 % полевой влагоемкости, от начала вегетации до цветения 95–75 %, от конца цветения до начала созревания 85–70 % и от начала созревания ягод до конца вегетации 80–60 %. Для лучшего сахаронакопления в период созревания ягод должна быть умеренная почвенная засуха.

Наиболее полезны для винограда осадки, выпадающие в осенне-зимне-весенний период, до начала цветения, и создающие запас влаги на весь период вегетации. Такие условия характерны для средиземноморского типа климата, а почвы подобных биоклиматических условий являются лучшими виноградными землями. Это коричневые, серо-коричневые почвы, красно-цветные почвы на продуктах выветривания известняков, а также черноземы каштановые и каштановые почвы южно-европейской фации, переходные к субтропическим условиям (Тамань, Анапа, Прикумье, Дагестан).

В местах, где низок запас влаги (ГТК равен 0,4–0,6), лишь зимние и весенние осадки обеспечивают устойчивую вегетацию виноградного растения за счет накопления в почве влаги, да изредка выпадающих летом дождей, обильных рос, наблюдающихся в ночное время суток. Предшествующие сбору урожая засушливые периоды обеспечивают получение высококачественной продукции винограда. Устойчивость винограда к недостатку влаги исключительная: коэффициент завядания приближается к уровню влажности, равной максимальной гигроскопичности (Неговелов, Акопян, 1968).

В отдельных районах виноградарства, обычно приуроченных к горным и речным долинам, наблюдается избыточное увлажнение воздуха и почвы, которые способствуют развитию грибко-

вых заболеваний. Оптимальная влажность воздуха для развития виноградной лозы 70–80 %, а почвы – 50–60 % от ПВ. При уменьшении влажности воздуха до 25 % происходит высыхание жидкости на рыльцах пестиков и пыльниках цветка. Свет и относительная сухость воздуха – необходимые условия оптимизации важнейшего физиологического процесса – фотосинтеза. Благодаря нагреву солнечными лучами почвы и растений создаются благоприятные условия для роста и плодоношения виноградных кустов. Затемнение виноградных кустов вызывает ослабление их плодоношения и снижение сахаристости ягод.

На развитие виноградного растения в значительной степени сказывается рельеф местности. Склоны различных экспозиций и крутизна обладают разными климатическими и почвенными условиями, в различной степени защищены от ветра. Южные склоны из-за более сильного нагревания и более быстрого таяния снегов обычно более крутые, сильнее подвержены эрозии, почвы на них менее мощные. На северных склонах располагаются более мощные почвы, они менее покатые и более прохладные.

Сила роста виноградной лозы и урожай на южных склонах обычно меньше из-за бедности, маломощности и сухости почв. Но здесь наблюдается более раннее созревание урожая и древесины, более высокая сахаристость ягод по сравнению с северными склонами, где виноград имеет обычно меньшую сахаристость при более высокой урожайности.

На рост и развитие виноградной лозы, на величину урожая и его качество оказывает влияние весь комплекс экологических факторов, из которых определяющими являются почвы и климат. Причем в разных почвенно-климатических районах оптимальные экологические условия для разных сортов винограда и разных направлений виноградарства неодинаковы.

Виноград вследствие богатого содержания глюкозы, винной и яблочной кислот, минеральных соединений, ферментов и витаминов считается ценным диетическим и лечебным продуктом.

Калорийность винограда также достаточно высокая – 450–850 калорий в 1 кг. Многовековой практикой установлено, что производство столового и сушеного винограда, винограда для вин типа шампанского, высококачественных столовых, десертных, крепких и сладких вин определяется почвенно-климатическими условиями, соответствующими данному направлению виноградно-винодельческой промышленности. Ф. Ф. Давитая писал, что виноград весьма тонко реагирует на изменение условий среды, в

вине, как и зеркале, отражается сорт и место его произрастания. В. В. Акимцев, обобщая накопленный опыт, дал характеристику основных виноградных почв для целей специализации в виноделии. Подзолистые почвы дают лучшие столовые легкие белые и красные вина. Коричневые и бурые лесные хороши для красных и белых тяжелых столовых вин. На перегнойно-карбонатных почвах получают лучшие материалы для производства игристых вин типа шампанских, тонких виноградных водок и коньяков. На черноземных почвах получаются исключительного качества виноградные соки, легкие и скелетные разновидности склонов хороши для столовых и оригинальных игристых вин типа цимлянских. Тяжелые по механическому составу почвы производят менее качественные вина. Каштановые почвы дают весьма разнообразную продукцию, в том числе хороший материал для шампанизации. Почвы умеренно-влажных субтропиков типа терра-росса – это почвы самых ароматных и гармоничных десертных и ликерных вин.

Уровень плодородия различных почв для виноградников неодинаков. Бонитировочные исследования позволили оценить плодородие отдельных почв в сопоставимых баллах для Северо-Западного Кавказа (табл. 16.1) и для Молдовы (табл. 16.2, 16.3).

Оптимум почвенных условий для винограда оценивается по комплексу почвенных характеристик: гумусовому содержанию и мощности почв, гранулометрическому составу и скелетности, физическим свойствам, карбонатности и реакции почвенной среды, солонцеватости и засоленности почв, гидрологическим условиям, и некоторым другим свойствам.

Для виноградного растения выявлено неоднозначное влияние гумусового содержания. С. А. Захаров (1929) пишет, что почвы склонов более бедны перегноем, нежели богатые почвы долин, но вина со склонов отличаются большой спиртозностью и тонкостью букета. При избытке гумуса виноградная лоза имеет излишне мощный рост с одновременным снижением качества продукции: вина, вырабатываемые из такого винограда, легкие, но грубые, без гармоничного сочетания составных частей, плохо сохраняющиеся, со стойким помутнением (Благонравов, 1958). Выявлено, что до 70 % изменений в содержании экстракта вин может быть обусловлено гумусовым содержанием (Унгурян, 1977). Для условий Северного Кавказа установлено, что почвы с содержанием гумуса от 100 до 325 т/га обеспечивают высокие урожаи винограда, в сторону увеличения или уменьшения его запасов урожайность снижается (Фиськов, 1979; Вальков, Фиськов, 1992).

Богатство сверхмощных и мощных выщелоченных и типичных черноземов, луговых, лугово-черноземных и лугово-черноземовидных почв Северного Кавказа, их высокое плодородие для целого ряда зерновых пропашных, кормовых и других культур оборачивается негативной стороной для винограда. Качество ягод с таких участков невысокое, лозы в большинстве случаев уходят в зиму невызревшими.

Таблица 16.1

Бонитировочная оценка почв Северо-Западного Кавказа для виноградников (Вальков, Фиськов)

Почвы	Баллы бонитета		
	красные технические сорта	белые технические сорта	столовые сорта
Каштановая карбонатная мощная тяжелосуглинистая	71	66	70
Каштановая карбонатная мощная легкосуглинистая	92	90	90
Черноземы южные (каштановые) карбонатные сверхмощные тяжелосуглинистые	82	77	78
Черноземы южные (каштановые) карбонатные мощные тяжелосуглинистые	80	75	76
Черноземы южные (каштановые) карбонатные мощные среднесуглинистые	94	90	92
Черноземы южные (каштановые) карбонатные сверхмощные легкосуглинистые	100	100	100
Черноземы обыкновенные (карбонатные) мощные тяжелосуглинистые	72	70	70
Черноземы обыкновенные (карбонатные) мощные среднесуглинистые	92	90	91
Черноземы типичные мощные тяжелосуглинистые	79	75	76
Черноземы типичные мощные легкосуглинистые	95	94	95
Черноземы выщелоченные мощные тяжелосуглинистые	75	78	80
Черноземы слитые (слитоземы) мощные тяжелосуглинистые	40	42	42
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	60	64	64
Серые лесные тяжелосуглинистые	46	45	45
Бурые лесные насыщенные тяжелосуглинистые	50	49	49

Окончание табл. 16.1

Почвы	Баллы бонитета		
	красные технические сорта	белые технические сорта	столовые сорта
Рендзины типичные среднемощные тяжелосуглинистые	84	65	68
Рендзины выщелоченные среднемощные тяжелосуглинистые	92	76	80
Лугово-черноземные тяжелосуглинистые	93	93	93
Луговые обычные тяжелосуглинистые	67	67	67
Лугово-болотные	1	1	1
Солончаки, солонцы, солоди	1	1	1

Таблица 16.2

Бонитировочная оценка почв тяжелосуглинистого и суглинистого механического состава под техническими сортами винограда в Молдове (Крупеников, Лунева, Рябинина, Лесина, Мартин, 1979)

Почвы	Оценочные баллы по урожайности										
	Алиготе	Фетяска белая	Пино	Рислинг итальянский	Каберне	Ркацители	Мускат белый	Траминер	Серексия	Гаме-Фрео	Все винные
Серые лесные	101	56	86	88	95	87	100	107	–	108	89
Темно-серые лесные	96	64	86	72	93	82	109	120	–	113	89
Черноземы: оподзоленные	97	88	89	85	89	82	115	82	101	97	90
выщелоченные	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
типичные	100	86	92	89	100	98	100	100	104	105	95
обыкновенные	94	71	78	83	88	91	106	95	110	110	88
карбонатные	107	87	100	92	110	111	112	129	132	125	110
остаточно-карбонатные	87	57	97	78	81	–	–	–	–	–	91
слитые	59	42	59	41	73	–	–	–	–	–	–
солонцеватые	33	52	67	46	64	–	55	54	54	51	50
Лугово-черноземные	55	51	92	64	86	67	88	125	87	78	74
Пойменно-луговые	46	45	86	43	97	69	73	96	83	70	69

Таблица 16.3

Бонитировочная оценка почв тяжелосуглинистого и суглинистого гранулометрического состава под техническими сортами винограда в Молдове (Крупеников, Лунева, Рябинина, Лесина, Мартин, 1979)

Почвы	Оценочные баллы по урожайности						
	Шаспа	Карабурну	Королева виноградников	Жемчуг Саба	Мускат гамбургский	Коарнэ Нягрэ	Все столовые
Серые лесные	64	80	69	73	148	87	82
Темно-серые лесные	95	91	100	101	99	94	97
Черноземы: оподзоленные	91	67	71	94	147	98	91
выщелоченные	100	100	100	100	100	100	100
типичные	87	–	78	90	128	106	93
обыкновенные	102	80	81	72	113	113	89
карбонатные	101	92	89	91	105	122	99
остаточно-карбонатные	90	59	–	–	–	–	85
слитые	43	39	35	58	–	–	–
солонцеватые	37	45	–	–	56	–	44
Лугово-черноземные	55	101	78	90	89	67	74
Пойменно-луговые	58	59	55	61	75	–	–

Под мощностью почвы для виноградников понимается величина рухлякового слоя, включающего в себя собственно почву и почвообразующую породу до плотных каменистых или глинистых пород, в которых развитие корневой системы винограда невозможно. К таким плотным образованиям относятся песчаники, известняки, мергели, сланцы, граниты, ортштейновые горизонты почв, галечниковые отложения, тяжелые сильно уплотненные (объемный вес более 1,7) третичные глины и другие породы. Понятно, чем мощнее почва и чем она рыхлее по своему сложению, тем больше простора для развития корней и тем значительнее будет объем питания виноградного куста. Большая сила куста на мощных почвах обеспечивает обычно и более высокие урожаи. На Северном Кавказе оптимальной мощностью является величина почвы и почвообразующей породы без негативных показателей около 200 см. Однако снижение урожайности на почвах менее мощных, особенно на скелетных (рендзины), до некоторой степени компенсируется возрастанием качества ягод.

Виноград, благодаря способности корней использовать трещеноватость и полости в твердых породах, глубоко проникает в их массу. Поэтому виноград как культурное растение обладает уникальной способностью давать удовлетворительный урожай на маломощных сильнокаменистых почвах, которые для других культур считаются бросовыми, слишком сухими. При этом получается продукция исключительно высокого качества. Такие плантации винограда наблюдаются в районе Геленджика и Новороссийска.

При изучении гранулометрического состава как экологического фактора установлена следующая закономерность: урожай и качество винограда на почвах легкого состава (легкосуглинистых и супесчаных) всегда выше, чем на тяжелых (глинистых и тяжелосуглинистых). Хорошо оструктуренные почвы тяжелого гранулометрического состава несколько улучшают условия для развития виноградной лозы.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что почти повсеместно виноградники на песчаных почвах дают сравнительно высокие урожаи очень хорошего качества. В одних и тех же климатических и рельефных условиях виноград на песчаных почвах накапливает больше сахара, чем на почвах суглинистого и глинистого состава. Влага в песчаной почве легкодоступна для усвоения растениями, так как величина «мертвого запаса» влаги в песчаных почвах очень незначительна – 1,5–2,0 %, в то время как в глинистых почвах она равна 10–12 %. Таким образом, при общем сравнительно небольшом содержании влаги в песчаных почвах растения все же имеют в своем распоряжении относительно большое количество влаги. Пески в сухую погоду, просыхая сверху, хорошо сохраняют влагу в более глубоких горизонтах, так как не обладают высокой водоподъемной способностью вследствие отсутствия у них системы очень тонких капилляров, как в глинистых почвах. Одна из причин оптимальности легких почв – более интенсивное развитие корневой системы на супесчаных почвах, чем на тяжелых (Steinbery, 1973). Особенно ценны песчаные почвы для столовых сортов винограда, который на них получается высокого качества: с большим содержанием сахара и гармоническим сочетанием частей сока ягоды. На песках лучше удаются белые вина. Кроме этого, работы на виноградниках с песчаными почвами можно проводить круглый год. Недостатком песчаных почв является глубокое промерзание их зимой при отсутствии снежного покрова, что приводит к повреждению морозами корневой системы.

Виноградники на плотных глинистых почвах развиваются слабо, недолговечны, а урожай дают низкого качества. Так, на слитых глинистых черноземах Краснодарского края получают обычно низкокачественный урожай. Вина из таких ягод склонны к заболеваниям, долго не осветляются, обычно плоские, с заметным привкусом. Из-за развития корневой системы в поверхностном слое, вследствие плохих водно-физических свойств нижележащих горизонтов, корни промерзают, виноградники изреживаются.

Глинистые и тяжелосуглинистые почвы лучше всего использовать для посадки сортов с темноокрашенными ягодами, вина из которых хотя и созревают медленнее, но получаются полные и густоокрашенные.

По мнению С. А. Захарова (1929), для условий черноморского побережья Краснодарского края преимущество для виноградников имеют почвы «умеренно-каменистые», перед почвами «мало каменистыми», так как последние плотно слагаются и затрудняют доступ воздуха к корням лозы, благодаря чему после мокрой зимы некоторые сорта винограда болеют «желтухой» и вообще отстают в своем развитии и росте. Вместе с тем замечено, что умеренно-каменистые почвы дают вино лучшего качества, чем мелкоземистые. Объясняется это тем, что каменистые почвы обладают более благоприятными физическими свойствами, лучшей водопроницаемостью и лучшей аэрацией, а обломки породы при выветривании «пополняют запасы их плодородия».

Это положение Г. Л. Захарова перекликается со взглядами ряда авторов (Дюжев, 1940; Бузин, 1952; Негруль, Крылатов, 1964; Вальков, Фиськов, 1992 и др.) и подтверждается многовековой практикой. Во Франции, Италии, Германии по мере разрушения грубо скелетной части почвы на виноградники даже завозят камни.

Наличие на поверхности почвы камней обусловливает быстрое и полное впитывание каменистыми почвами выпадающих осадков и вместе с тем препятствует быстрому испарению влаги с поверхности почвы, а следовательно, и ее высыханию. Нужно также отметить, что на таких почвах в связи с их легкой проницаемостью для воды и воздуха виноградное растение не страдает и от избытка влаги, вместе с тем в этих почвах всегда имеется достаточное количество влаги для нормального развития виноградных кустов благодаря малой ее потери от испарения с поверхности почвы.

Камни, уменьшая количество мелкозема в почве, снижают в некоторой степени ее плодородие (продуктивность виноградников снижается лишь при содержании мелкозема в корнеобитаемой толще менее 40 % от веса), но обломки горных пород представляют собой постоянный запас питательных веществ. Корневая система виноградной лозы в каменистых щебневатых почвах развивается свободно, почва постоянно обогащается питательными веществами в результате выветривания скелета, что делает виноградную лозу на них долговечной, устойчивой продуктивной (Благонравов, 1958). Лучшие по качеству продукции виноградники расположены на каменистых почвах (виноградники Южного берега Крыма, Черноморского побережья Кавказа, Закавказья). Имеет значение и размер каменистых включений. В одних и тех же климатических условиях урожайность виноградной лозы на почвах мелкоскелетных (хрящеватых) больше, чем на крупноскелетных (камни, гравий) при одинаковом объеме скелета.

При отсутствии выраженных негативных факторов благоприятный водно-воздушный режим почв обусловлен, в основном, сложением почвы. Уплотнение почв оказывает существенное влияние на характер развития корней винограда. Хорошему развитию корневой системы винограда в основном корнеобитаемом слое суглинистых и легкоглинистых черноземов соответствует плотность до 1,40. В горизонтах с плотностью более 1,60 корни практически не растут. В суглинистых разновидностях соотношение между мелкими корнями и крупными составляет 1,7, в супесчаных – 0,8. В слабослитых глинистых уплотненным почвах общая насыщенность корнями низкая, но доля мелких корней возрастает до 73 % (Авакян, 1973).

Убедительные данные о высокой экологической чувствительности виноградного растения к плотности почв приводятся В. Г. Унгуряном (1979). Нормальное развитие корневой системы наблюдается на тяжелосуглинистом черноземе только до уплотненности корнеобитаемого слоя 1,40 г/см^3. Это считается величиной оптимальной для большинства полевых культур. Таким образом, рыхлость почв – одно из условий успешной культуры винограда, достаточной по урожайности и потребительскому качеству плодов.

От физических свойств почв зависит их влагоемкость. Оптимальное соотношение между водой и воздухом в глинистых и суглинистых почвах равняется 1,5:1, легкосуглинистых – 1:1,

в супесчаных – 1:1,5 и в песчаных – 1:1,3. Для получения высокой урожайности с хорошим качеством продукции почвы должны быть хорошо аэрируемыми. К последним относятся почвы легкого гранулометрического состава, щебенчатые и хрящеватые, а также хорошо структурные почвы.

Высококарбонатные, известковые почвы причисляют к почвам, особенно благоприятным для культуры европейских сортов винограда на собственных корнях. Эти сорта хорошо растут и плодоносят на почвах с содержанием карбонатов до 50–70 %. Однако с большим содержанием в почве известковых солей и при условии, способствующем переходу их в более или менее растворимое состояние, связано отрицательное явление в жизни винограда – хлороз. При этом хлороз проявляется тем сильнее и влечет за собой тем более тяжелые последствия, чем больше извести содержится в почве и чем в более подвижном «активном» состоянии она находится (Благонравов, 1958; Унгурян, 1979). В.А. Иванов (1965) считает, что при избыточной карбонатности, сопровождаемой почвенной засухой, нарушается нормальная жизнедеятельность корневой системы. Это в свою очередь приводит к расстройству физиологических функций листьев и ослаблению поступления питательных веществ в растение. Из-за нарушения обмена веществ рост виноградной лозы ослабевает, снижается урожайность и появляется функциональная заболеваемость – хлороз. С. А. Захаров (1929) отмечал особую чувствительность к карбонатам американской лозы, которая растет только на грунтах бедных известью, где процент $CaCO_3$ не превышает 15 %. Поэтому при подборе филлоксероустойчивых подвоев особое внимание надо обратить на содержание карбонатов и их подвижность.

Виноград развивается в очень широком диапазоне pH от слабокислых почв до щелочных (pH 5,0–8,7), причем более оптимальные условия характерны для нейтральных и шапочных условий, При pH ниже 5 наблюдается угнетение роста, пожелтение листьев и уменьшение плодоношения. Хорошему развитию виноградной лозы на кислых почвах препятствует переход в кислой среде в ионное состояние металлов Cu, Al, Mg, которые при этом становятся токсичными (Delas, 1975).

Виноград считается относительно солеустойчивой культурой, однако он далеко не безразлично относится к солям, причем не все сорта предъявляют одинаковую требовательность к солевому составу.

Наиболее часто встречаются в почве следующие вредные вещества: кислоты, легкорастворимые соли в высокой концентраций ($NaCl$, $MgCl_2$, Na_2SO_4, $MgSO_4$, Na_2SO_3 и др.), недоокисленные соединения (H_2S, CH_4, PH_3) и закисные формы (FeO, MnO и др.).

По данным А. К. Крылатова (1962), в зависимости от степени засоления корнеобитаемого слоя выделены семь групп почв.

В группах засоленных почв, на которых виноград гибнет, степень засоления второго метра уже не имеет значения. Учет солей в этом случае имеет значение только для проведения мелиоративных работ по рассолению почв. В группе засоленных почв, на которых кусты развиваются плохо, засоление второго метра может усугублять положение: виноградник быстро погибает. При наличии в верхнем метровом слое почвы солей в количестве, позволяющем возделывать виноград, высокое засоление второго метра снижает урожай и его качество.

Содержание углекислых солей натрия в почвенных растворах даже в малых количествах ($NaCO_3$ – 0,005 %, $NaHCO_3$ – 0,05 %) приводит к гибели виноградной лозы. Значение сернокислых солей кальция почве для культуры винограда аналогично значению известковых солей, поэтому наличие гипса в почве надо рассматривать как положительное явление.

П. К. Дюжев, оценивая солонцеватость почв, считает, что нормальный рост виноградной лозы возможен при содержании в почвенном поглощающем комплексе на глубине 0–60 см до 12–13 % натрия. По исследованиям на Северном Кавказе, слабая солонцеватость снижает урожай на 10, средняя на 30 и сильная на 50 % по сравнению с несолонцеватыми почвами. Безусловно, непригодными для виноградников являются солонцы, даже при условии их мелиоративного освоения, так как пока еще не разработаны приемы безвозвратной мелиорации солонцов.

Виноградная лоза не выносит избытка влаги. Корни кустов, растущих в мочежинах, т. е. на участках с застойной водой бедной кислородом, поражаются гнилью, сами кусты находятся в болезненном состоянии, не плодоносят и нередко погибают. Неблагоприятное воздействие оказывает близкий уровень грунтовых вод, особенно с повышенной минерализацией.

Критическая глубина грунтовых вод, выше которой подъем их опасен для почв, образованных на сильно капиллярных лессах, составляет для виноградников (Костяков, 1951): при минерализации 7,0-5,0 г/л – 3,5–3,0 м, при минерализации 5,0–3,0 уже

3,0–2,2 м, а при низких значениях минерализации (3,0–1,5 г/л) – критическая глубина 2,2–1,5 м. Близколежащие к поверхности минерализованные грунтовые воды ограничивают объем корнеобитаемой толщи. По исследованиям П.А. Драган (1970), на лугово-каштановых почвах с грунтовыми водами ближе 2 м корни сосредоточены всего в слое 20–60 см. Глубже им препятствует засоление и низкая аэрация в зоне капиллярной каймы. Сорт Саперави не осваивает горизонты с содержанием солей 0,3–0,4 % для хлоридно-сульфатного и сульфатного кальциевого засоления, в том числе хлоридов 0,12 %. Темно-каштановые почвы с залеганием солевых горизонтов не ближе 1,5 м и грунтовых вод глубже 3 м обеспечивают хорошее развитие растений.

Пресные грунтовые воды оказывают благотворное влияние на развитие виноградников, улучшая снабжение растений влагой и оптимизируя тепловой режим в зимнее время. Примером этому могут служить старые казацкие донские виноградники, сформированные по типу «донская чаша», которые чаще всего располагались на выходах водных ключей. В целом для пресных грунтовых вод установлено, если грунтовые воды не содержат в себе значительного количества вредных солей и имеют сток, то уровень их должен быть не выше 50–100 см в южных районах и 100–150 см в более северных. На почвах с легким составом уровень грунтовых вод может быть выше, чем на тяжелых почвах (Негруль, Крылатов, 1964).

К почвам, явно непригодным для виноградарства, относятся солонцы и сильносолонцеватые почвы разных типов, солончаки и засоленные почвы высоко солончаковые, болотные и заболоченные почвы. Неблагоприятны для виноградников слитоземы различных типов, глеевые подтипы лесных, гидроморфных и полугидроморфных почв различных условий формирования, тяжелые глинистые лесные почвы, особенно при расположении их на плоских водораздельных и террасовых участках, а также рудяковые псевдоподзолы в районах распространения бурых лесных почв.

Обобщение исследований многих авторов о роли различных элементов питания приводится в работе О. С. Безугловой и В. Ф. Валькова (1999).

Виноградными растениями азот потребляется преимущественно в форме нитратов почвы, фиксация атмосферного азота не обнаружена.

Виноград относится к группе культур со средними и низкими потребностями в азоте. В литературе чаще отмечают факты негативного влияния избытка азота на качество получаемых ягод, особенно идущих па приготовление вин. Избыток азота способствует интенсивному росту побегов и корней. Усиленное азотное питание во второй половине лета вызывает недостаточно хорошее вызревание виноградной лозы, что снижает ее устойчивость против болезней и морозов. При избытке азота в период цветения происходит осыпание цветков и завязи.

Однако одностороннее усиление питания виноградного куста азотом приводит к излишнему росту побегов, междоузлия получаются длинные, ярко-зеленые листья крупнее обычного, созревание урожая и вызревание побегов задерживаются. Качество урожая получается низким, красящих веществ в ягоде накапливается меньше. Это снижает качество вина. Оно приобретает специфический неприятный привкус. Вина на богатых азотом почвах часто дают стойкие помутнения, «трудно осветляются, легко подвержены заболеваниям, имеют менее чистый вкус и более слабый аромат» (Мержаниан).

Виноградная лоза предъявляет очень высокие требования к фосфорному питанию в течение всего вегетационного периода, и особенно во время созревания ягод (табл. 16.4). Оптимальное содержание фосфорных соединений усиливает образование питающих корней, ускоряет прохождение фаз развития растения. Все это способствует лучшему оплодотворению во время цветения, улучшает ход закладки соцветий, ускоряет накопление сахаров, оптимизирует вызревание лозы.

Таблица 16.4

Группировка почв виноградников по содержанию подвижного фосфора и обменного калия в слое 0 – 60 см, мг/100г почвы (Шеуджен, 2006)

Уровень обеспеченности	Фосфор		Калий	
	По Чирикову	По Мачигену	По Чирикову	По Мачигену
Очень низкий и низкий	< 10	< 2	< 10	< 15
Средний	10–20	2,0–3,0	10–20	15–25
Повышенный	20–30	3,0–4,5	20–30	25–35
Высокий	>	>	>	>

Виноградная лоза относится к группе растений, не способных усваивать труднодоступные фосфаты. А при недостатке

фосфорного питания происходят ослабление роста побегов, осыпание цветов и завязи, задержка в закладке плодовых соцветий. Внешне недостаток фосфора прежде всего проявляется в замедлении роста молодых растений. Кроме того, зеленая окраска листьев и черешков тускнеет и переходит в пурпурную, затем листья и побеги отмирают, грозди формируются рыхлые, ягоды осыпаются. Признаки недостатка фосфора сначала проявляются на нижних листьях.

От количественного содержания фосфора в почве зависит качество получаемых вин, причем зависимость прямая: чем больше фосфора в почве, тем выше качество вина. Фосфор способствует усиленному накоплению в ягодах ароматических и красящих веществ.

Виноградная лоза извлекает из почвы много калия. Этот элемент содержится во всех частях виноградного куста, но особенно много его в листьях. Калий способствует нормальному протеканию фотосинтеза и усилению обмена веществ. Отсюда его громадное значение для виноградной лозы как культуры, накапливающей много сахара.

До июля поглощение калия листьями и побегами непрерывно нарастает, а затем снижается. Но и ягода усиленно поглощает калий по мере своего роста: особенно активно идет поглощение в период созревания, поэтому нужда виноградного куста в легкорастворимом калии в это время особенно велика.

В большинстве почв юга России общее содержание калия вполне достаточно для успешного развития виноградной лозы. В небольшом избытке калий даже способствует развитию корневой системы, вызывая усиленное ее ветвление, обуславливает лучшее вызревание побегов виноградной лозы. Очень важно и то, что калий повышает устойчивость куста против неблагоприятных условий (зимних морозов, болезней), а также увеличивает сахаристость и снижает кислотность сока в ягодах.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 16.5.

Таблица 16.5

Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для субтропических культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Культура	Виноград		
Содержание гумуса, %	0,5–2,5	2,5–3,5	3,5–6,0

Окончание табл. 16.5

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Ph водной суспензии	5,0–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см^3	–	1,1–1,35	1,35–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	< 10	30–40	40–65
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–7	> 10
Плотный остаток при хло-ридно-сульфатном засолении, %	–	0,4–0,6	0,6–1,0
Содержание $CaCO_3$, %	–	0,3–40,0	40–60

17. ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ЧАЯ И СУБТРОПИЧЕСКИХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

17.1. Чай

Чай типичная культура влажных субтропиков с желтоземами и красноземами. По обобщенным данным грузинских исследователей (Микеладзе, 1973; Чхандзе, Микиладзе, 1991) чайному растению достаточно осадков за год 1200–1300 мм, в период вегетации 600–800 мм. Необходимая сумма активных температур для нормальной вегетации должно быть не менее 3000°, хотя оптимумом считается 4000–6000. Средняя многолетняя годовая температура должна быть +12,5 °С, а при активной вегетации – выше +18 °С. Снижение активности вегетации наблюдается при температурах выше +30 °С.

Широкий опыт возделывания чая в Западной Грузии (Абхазия), Азербайджане и в субтропиках Краснодарского края, обобщенный М.К. Дараселия и др. (1989), показывает, что для чая почвы должны отвечать следующим требованиям:

- быть кислыми до глубины не менее 70–80 см с pH водной суспензии 4,5–5,5;
- не иметь избытка влаги в корнеобитаемой толще, т. е. обладать высокой водо- и воздухопроницаемостью при свободном гравитационном токе почвенной влаги.

Первым критерием оптимальности почв для культуры чая является показатель кислотности. Чай – типичный ацедофил в его крайних значениях. А. Б. Мчедлидзе показывает оптимум pH солевой от 2,6 до 3,0. Однако, кроме актуальной кислотности, необходимо учитывать и степень насыщенности почв основаниями (Ca^{2+}+Mg^{2+}). Величины насыщенности более 60 % являются негативными, а при значениях около 80 % от емкости и обмена чайное растение погибает даже при сильно кислых условиях актуальной кислотности – pH солевой 3,9–4,7 (Беседина, 2004). В связи с этим для чайных плантаций совершенно не пригодны подпочвы, представляющие элювий известняковых и мергелистых пород, содержащие $CaCO_3$ ближе 150 см от поверхности почвы.

Лучше всего для чая использовать нескелетные или слабо скелетные почвы суглинистого или гранулометрического состава. Для чая благоприятны почвы тяжелого суглинистого и даже глинисто-

го состава, но с ферраллитным эффектом апесчанности, что характерно для желтоземов и красноземов. Бурые лесные почвы используются под чай только в условиях теплой закавказской влажнолесной фации (Черноморское побережье Кавказа). Чай – типичная культура субтропиков. Однако она широко распространена и в тропических странах, но в горных условиях на красных гумус-ферраллитных почвах (Цейлон, Индия, Африка).

По исследованиям Т. Д. Бесединой (2004), такие универсальные генетические показатели, как содержание гумуса, его запасы, мощность гумусового профиля имеют слабую связь с урожайностью чайных плантаций. На почвах, богатых гумусом и азотным питанием, получается чай более низкого качества, чем на бедных. Повышенное фосфорно-калийное питание – залог экономической стабильности чайных плантаций.

Как показали исследования в Краснодарском крае (Беседина, 2004), многолетняя культура чая способствует оптимизации своих почвенно-экологических условий, а именно – реакция почвенной среды становится более кислой, снижается степень насыщенности основаниями, улучшается сложение и порозность бурых лесных почв и желтоземов.

Бонитировочная оценка чаепригодных почв России показана в табл. 17.1.

Таблица 17.1

Средневзвешенный балл бонитета чаепригодных почв зоны влажных субтропиков России (Беседина, 2004)

Почвы	Продуктивность чая в баллах*
Бурые лесные кислые	59
Бурые лесные кислые оподзоленные	76
Бурые лесные слабонасыщенные	43
Бурые лесные глеевые	53
Желтоземы ненасыщенные оподзоленные	80
Желтоземы слабоненасыщенные	57
Желтоземы глеевые	61
Подзолисто-желтоземные	35

* Цена 1 балла равна 0,8 ц/га зеленого листа.

Показатели оптимума и минимума приведены в табл. 17.2.

Таблица 17.2

Показатели оптимума, экологически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для культуры чая

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–1,0	1–4	4–6
pH суспензии водной солевой	 3,0–4,5 2,0–2,5	 4,5–5,5 2,5–3,5	 5,5–6,5 3,5–5,5
Плотность, г/см^3	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	10–30	30–50	50–65
Обменный Na	Содержание недопустимо		
Плотный остаток водной вытяжки	В пределах почв кислого почвообразования		
Содержание $CaCO_3$	Не допустимо ни в почве, ни в породе до глубины 150–200 см		

17.2. Субтропические плодовые культуры: цитрусовые, инжир, гранат, хурма, фейхоа

В России, после распада СССР, субтропики остались только на Черноморском побережье и в Дагестане. Здесь они протягиваются узкой полосой от г. Туапсе до границы с Абхазией (р. Псоу), занимая прибрежные участки и низкие горы до высоты 300 м. Небольшие площади сухих субтропиков встречаются в Дагестане и в районе Новороссийска, Анапы. Площадь их крайне невелика, но тем выше их земельная, экологическая и биоклиматическая ценность.

Субтропический биоклиматический пояс Земли характеризуется суммой положительных температур более 10 °С от 3000 до 7000 °С. Российские субтропики – самый холодный регион субтропиков Земли.

Почвенная экология субтропических культур для России рассматривается во многих работах В. К. Козина и обобщена в его докторской диссертации (Козин, 1993).

Цитрусовые культуры (апельсин, мандарин, лимон, грейпфрут) по требованию к почвенным условиям очень близки между собой. Их родная стихия – Средиземноморье с коричневыми почвами. Высокая урожайность и высокое качество продукции обеспечива-

ется хорошим гумусовым содержанием почв, богатством зольными элементами, суглинистым составом, нейтральной реакцией среды, отсутствием засоления и солонцеватости.

Все цитрусовые культуры развивают неглубокую корневую систему, распространяющуюся до 140–160 см. Основная масса корней приурочена к поверхностным горизонтам (10–50 см), а на влажных лесных почвах общий объем корнеобитаемой толщи сокращается до 80–100 см. Например, деревья мандарина в слое 10–50 см сосредотачивают в бурых слабоподзолистых почвах – 88, в красноземах – 90, в буроземно-псевдооподзоленных – 78, в коричневых – 77, аллювиальных – 71 % всей массы (Капшук, 1978).

Деревья цитрусовых очень пластичны в отношении почвенно-экологических условий при достаточном обеспечении пищевого режима. Они хорошо растут на карбонатных почвах с содержанием извести до 5–6 % и с pH до 8,5 (коричневые и серо-коричневые карбонатные почвы, лугово-аллювиальные карбонатные, сероземы). Апельсины, мандарины, лимоны, грейпфруты успешно плодоносят и на кислых почвах с pH от 5,5 до 6,5 (красноземы, желтоземы, желто-бурые лесные почвы, а также оподзоленные и лессивированные их варианты). Цитрусовые осваивают, показывая высокую продуктивность, различные подтипы мелиорированных болотных почв (Колхидская низменность), произрастают на рендзинах и красно-цветных известковых почвах субтропиков. Не требовательны цитрусовые и к механическому составу, встречаются и на супесчаных, и на глинистых почвах, однако на крайних значениях гранулометрического состава качество плодов снижается. Грунтовые засоленные воды не должны быть ближе 2,0 м, а пресные – 1,0–1,5 м.

Не пригодны для цитрусовых засоленные и солонцеватые почвы, сильно скелетные разновидности, сильно оглеенные роды, латеритные рудяковые псевдоподзолы, слитоземы, болотные почвы, временно избыточно переувлажняемые без естественного или искусственного водорегулирования.

Цитрусовые произрастают на различных почвах тропиков, избегая явных латеритов. Однако товарный вид тропических цитрусовых неудовлетворителен – характерна желто-зеленая пятнистость плодов.

Лучшие для инжира почвы средне- и легкосуглинистые, без уплотненных слоев с хорошей водопроницаемостью или хорошим естественным дренажем при водопроницаемой подпочве. Уровень грунтовых вод должен быть не ближе 1,0–1,5 м. Под инжир вполне

пригодны почвы как кислые, так и слабощелочные (pH от 5,5 до 8,4). Лучшие условия инжир находит в полусухих субтропиках или в сухих при орошении. Наиболее благоприятны для инжира карбонатные и бескарбонатные коричневые, серо-коричневые почвы, красноцветные и известковые. Произрастает инжир и на лесных почвах – бурых, желто-бурых, желтоземах, красноземах.

Растение граната к почве нетребовательно. Хорошо растет как на кислых разновидностях, так и на карбонатных, как на глинистых, так и на песчаных, хотя на последних урожайность несколько ниже. Хорошо переносит сухие почвы и совершенно плохо растет на почвах избыточно увлажненных с близким уровнем грунтовых вод (не ближе 70–100 см). Гранат более склонен к сухим почвам.

Лучшие почвы для хурмы тяжелосуглинистые, хорошо она удается на глинистых и среднесуглинистых почвах. Плохо растет на песчаных разновидностях. Не переносит избытка влаги и уровня грунтовых вод ближе 70 см. Реакция среды оптимальная от 5,5 до 7,5 величины pH. Лучшие для хурмы почвы лесного типа.

В отличие от хурмы, фейхоа хорошо растет на почвах нейтральных и слабощелочных, т. е. карбонатных. Так же, как и хурма хорошо плодоносит на тяжелых почвах и не удается на песчаных. На переувлажненных почвах угнетается, грунтовые воды должны быть не ближе 60–70 см. В то же время фейхоа очень требовательна к уровню полевой влажности: оптимум лежит в высоких пределах 80–100 % от полевой влагоемкости. При влажности ниже 70 % появляются внешние признаки недостатка влаги – молодые листья становятся вялыми, скручиваются, обесцвечиваются. Растет фейхоа и на слабокислых почвах лесного типа почвообразования.

18. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦИКЛОВ ЛУНЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР[6]

Одним из условий эффективного получения растительной продукции считается посев семян и посадка растений в определенные сроки по лунному календарю с учетом фаз развития Луны. Согласно этим воззрениям, спутник Земли оказывает на различные культуры, в определенные дни, неравнозначное воздействие, угнетая или активизируя их рост и развитие. Поэтому для каждого вида культур рекомендованы благоприятные и неблагоприятные дни посадки растений. Необходимо отметить, что количество благоприятных дней весьма ограничено.

Далеко не всегда благоприятные сроки по лунному календарю совпадают с благоприятными почвенно-климатическими условиями, но дни ограничены, и растениеводы, согласно рекомендациям, оставив все дела, устремляются на свои участки, чтобы вовремя провести посев и посадку. В то же время анализ научной литературы выявляет отсутствие фактической информации, подтверждающей или опровергающей лунное воздействие на растения. Авторы, публикующие свои материалы в популярной литературе, приводят лишь бездоказательные выводы, неподтвержденные экспериментальным цифровым материалом, и читатель должен верить составителю статьи «на слово».

Учитывая возросший практический интерес к этому вопросу, возникла необходимость проведения научных исследований с целью определения степени влияния Луны на рост и урожайность овощных культур.

Исследования проведены на черноземе обыкновенном Ростовской области. В качестве объектов исследования были выбраны следующие культуры: щавель «Бельвильский», петрушка «Берлинская», редис «Рубин», морковь «Нантская», свекла столовая «Бордо».

Посадку семян в грунт производили в сроки, когда Луна находилась в благоприятном, безразличном и неблагоприятном положении для растений, согласно астрологическим рекомендациям. Урожайность культур учитывали при достижении растениями товарной зрелости и проводили пересчет на 1 кв. м. Повторность опытов 10-кратная. Для оценки достоверности различий между вариантами опытов вычисляли наименьшую существенную разность ($НСР_{0,05}$).

[6] Автор главы: Тащиев С. С.

В результате проведенных исследований установлено, что у щавеля и редиса более высокий урожай был получен с культур, высаженных в благоприятное время по лунному календарю, а более низкий – в неблагоприятное относительно контрольных посадок (в обычные дни). Урожайность этих культур, высеянных в благоприятный период, превышала контрольную группу лишь на 2–3 %, а в сравнение с неблагоприятным была ниже на 3–5 %. Петрушка и свекла, посаженные в неблагоприятные по лунному календарю дни, дали более высокий урожай, чем в благоприятные (табл. 18.1).

Таблица 18.1

Влияние Луны на урожайность овощных культур

Культура	Товарная продукция, (кг/м^2)			$НСР_{0,05}$
	Благоприятные дни	Неблагоприятные дни	Обычные дни (контроль)	
Щавель	1,917	1,788	1,843	0,2
Петрушка	1,293	1,485	1,375	0,1
Редис	2,386	2,119	2,230	0,2
Морковь	5,833	6,222	6,481	0,6
Свекла	10,04	11,385	10,350	1,1

При выращивании моркови более высокий урожай получен с растений, посаженных в обычные дни. Посадки этой культуры в благоприятные и неблагоприятные дни оказались менее продуктивными. Морковь, посаженная в благоприятный день по лунному календарю, дала урожай ниже контрольных посадок (в обычные дни).

Отличия в урожайности опытных культур, высаженных в различные периоды лунного календаря, были подвергнуты статистической обработке. Расчеты наименьшей существенной разности (НСР) показали, что различия показателей урожайности для каждой культуры независимо от астрологических сроков посадки статистически недостоверны.

В результате проведенной работы можно сделать заключение о том, что сроки посадки культур в зависимости от фазы Луны не влияют на урожайность опытных овощных растений.

Очевидно, при выборе сроков посадки овощных культур в большей степени следует ориентироваться на период оптимального сочетания температуры и влажности почвы и воздуха, чем на лунное влияние.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Прежде всего, про четыре.
Узнай мирозданья начала: воздух, огонь, жизнетворную почву и влагу.

Эмпедокл, греческий философ
(460 лет до н. э.)

Земля будет кормить нас, отвечать взаимностью, если мы будем беречь и любить ее как живую душу.

Лев Толстой

Мир высказываний о почвах и их плодородии от древних времен до наших дней

Формирование понятия «почва»

Времена Петра I
Подшва – основа, основание
Слова «почва» не существовало.
«Земля и подшва С.-Петербургской губернии вообще болотная, мягко иловатая»

А. Н. Радищев
Путешествие из Петербурга в Москву, 1790 г.

В пустыне чахлой и скупой,
На *почве,* зноем раскаленной,
Анчар, как грозный часовой,
Стоит один во всей вселенной.

А.С. Пушкин. Анчар, 1828 г.

Это стихотворение примечательно и тем, что именно от него вошло слово «почва» в русский литературный и научный язык.

В.В. Докучаев – основатель науки о почвах

Первые русские почвоведы были правы: климат и строго обусловленная им растительность действительно является двумя существенными факторами почвообразования.

Утверждение, что почвоведение представляет русскую науку, не является преувеличением. В. В. Докучаев первым сформулировал основной принцип, лежащий в ее основе, а именно

зональность почв. С тех пор этот принцип, слегка измененный в конкретных применениях, никогда не отвергался.

Philippe Duchaufour, Франция

Нужен гений, чтобы создать объект – специальную область человеческой мысли... Если необходимо назвать только одного создателя почвоведения, то это В. В. Докучаев.

S. W. Boul, F. D. Hole, R. J. McCracken. США

Родоначальником учения о ландшафтных зонах и вместе с тем основоположником современной географии был великий почвовед – В. В. Докучаев.

Академик Л. С. Берг

В истории естествознания России в течение XIX в. немного найдется людей, которые могли бы быть поставлены наряду с ним по влиянию, какое они оказывали на ход научной работы, по глубине и оригинальности их обобщающей мысли. Так или иначе, Докучаев является главой целой школы русских ученых; влияние его стремлений и его идей ясно сказывается и все увеличивается далеко за пределами нашего Отечества.

Академик В. И. Вернадский

В моей жизни это учение сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, такой свет и дало такое нравственное удовлетворение, что я не представляю себе свою жизнь без основ докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании тех фактов, взаимодействие которых и дает этот великий синтез окружающей нас природы.

Академик Г. Ф. Морозов

Деятельность В. В. Докучаева в последние годы жизни[7]

Почвенную выставку проф. В. В. Докучаева посетили министры земледелия и народного просвещения. Ежедневно по вечерам проф. Докучаев дает публичные объяснения по вопросам, связанным с выставкой. Главная цель – ознакомление со свойствами земель

[7] Материалы подобраны Абрам Блох для раздела «Новости 100-летней давности» (газета «Поиск»).

Европейской и Азиатской России на основании естественно-исторических и статистико-экономических исследований.

«Правительственный вестник», 30 ноября 1897.

Профессором В.В. Докучаевым выработан проект учреждения центрального всероссийского естественно-исторического музея.

«Новое время», 23 сентября 1897.

ТИФЛИС. Проф. Докучаев сделал в местном Сельскохозяйственном обществе доклад о почвенных зонах края. Лекция, ввиду важности предмета, имела выдающийся успех.

«Сын отечества», 6 мая 1898.

Профессор Докучаев командируется Министерством земледелия для осмотра чайных почв Черноморского побережья Кавказа, нагорных черноземов Закавказья, лессовых и барханных почв Туркестана, откуда на лошадях поедет на Алтай и сибирскую железную дорогу. Если позволит время, профессор остановится на тех участках, которые предназначены для крестьянских поселений.

«Русские ведомости», 31 марта 1898.

Профессор Докучаев командируется министерством земледелия для сбора типичных почв черноземной полосы, со включением Крыма и Кавказа. Со временем эти представители почвенных типов войдут в состав учебных коллекций, которыми решено снабдить все земледельческие училища.

«Правительственный вестник», 30 января 1898.

Профессор С.-Петербургского университета В. В. Докучаев в течение февраля прочтет в Москве ряд лекций, сбор с которых отчасти назначается в пользу недостаточных студентов Московского университета и Общества вспомоществления учащимся женщинам.

«Московские ведомости», 12 апреля 1899.

В заседании комиссии по участию России во всемирной выставке в париже 1900 г. Утверждено ассигнование проф. Докучаеву 2200 руб. На составление коллекций и материалов по почвоведению и дополнительно 500 руб. На поездку на Кавказ и

Туркестан с целью собрания разных почв для демонстрирования вертикальных почвенных зон в русском отделе.

«Новое время», 12 апреля 1899.

В Имп. вольное экономическое общество поступила почвенная коллекция проф. В. В. Докучаева и его учеников. Коллекция есть плод 20-летнего труда русских почвоведов. Во время VII международного геологического конгресса в Петербурге небольшая часть коллекции была выставлена для обозрения и вызвала удивление; ничего подобного нет в музеях мира.

«Русские ведомости», 12 апреля 1902.

О плодородии почв

Самой основной, самой жизненной проблемой агропочвоведения была, есть и будет проблема плодородия почв.

С. А. Захаров

Очевидно, заслуженно носит
Матери имя земля, потому что сама сотворила
Весь человеческий род, и в урочное время извергла
Всякого рода зверей, по нагорным резвящимся высям,
И одновременно птиц всевозможных, летающих в небе

Тит Лукреций, I в. до н. э.
Римский ученый и поэт. Поэма «О природе вещей»

Почва, которую украшают высокие и стройные деревья, далеко не самая лучшая, если не считать ее пригодной для самих деревьев.

Плиний Старший, I в. до н. э.
Римский писатель и ученый

Здесь счастливее злак возрастет,
а там виноградник,
Там приплод от деревьев, и по воле
своей зеленеет трава...
Рыхлая ли почва или сверх меры
плотна, ты исследуй.
Ибо одна для хлебов подходяща,
другая для Вакха.

Вергилий, древнеримский поэт, I в. до н. э.

На этот выступ [скалы] ... попало немного плодородной земли, ... ее хватило, что бы дать жизнь низкорослому самшиту, семена которого занесли на одинокий мыс птицы. Судя по чудовищным, узловатым корням, самшит насчитывает не меньше трех столетий

Оноре Бальзак. Беатриса

Самая важная, самая нужная профессия на земле – профессия земледельца. Без нее не было бы ни королей, ни ремесленников, не было бы и политиков.

Фридрих Великий, император, 1740.

Почва – наш самый драгоценный капитал. Жизнь и благополучие всего комплекса наземных биоценозов естественных и искусственных зависит, в конечном счете, от тонкого слоя, образующего самый верхний покров Земли.

Эколог Жан Пьер Дорст

Учение академика Вавилова – методология исследований экологии культурных растений

В пустыне Калахари в позапрошлом году мы увидели родоначальников нынешних арбузов. Они лежали на раскаленной бесплодной земле россыпью – одни с теннисный мяч, другие крупнее. Любопытства ради я разрезал один. Сердцевина его желтоватого цвета была горячей и лишь чуть сладковатой. С трудом верилось, что из этого дикаря африканской пустыни выведены нынешние ароматные, сочные, сладкие великаны. Калахари по-прежнему плодит свои «теннисные мячики», спасающие от смертельной жажды животных и потерявших дорогу людей.

Невзрачные эти родоначальники хранят, как говорят биологи, генофонд изначальной формы растений, наделенных стойкостью против жары, болезней, против всяких других напастей. Не выдержит экстремальных условий – какой-либо сорт из выведенных человеком высокочтимых растений – обращаются к дикарю, скрещивают его с теряющим силы потомком. И происходит чудо, – высокопродуктивный плод перенимает у дикого предка его жизнестойкость. Вот почему, занимаясь селекцией, добиваясь поразительных результатов, надо помнить о растениях-родоначальникоах, знать, где они пребывают, беречь хотя бы

остатки их присутствия на Земле. С этой целью снаряжают ботаники экспедиции, охраняются островки древней флоры.

В. Песков, эколог, журналист, публицист

... Нельзя изучать организм вне той среды, в которой он живет.

В. И. Вернадский

Охрана земель

«Не делайте вреда не земле, ни морю, ни деревам»

Библия, Откровение Иоанна Богослова 7; 3

«Не портите землю после ее устройства»

Коран, Сура 7; 83

«Тот, кто обрабатывает невозделанную почву, кто улучшает фруктовые деревья и засевает травой бесплодную землю, намного выше тех, кто ищет общих формул на благо человечеству»

Оноре Бальзак, Сельский священник

Мы изнуряем волов, надрываем и пахарей силы,
Тупим железо, и все же не дает урожаев нам поле.
Так она скупо плоды производит и множит работу.
И даже пахарь-старик, головою качая со вздохом
Чаще и чаще глядит на бесплодность тяжелой работы
Если же с прошлым начнет настоящее сравнивать время,
То постоянно тогда восхваляет родителей дело.
И виноградарь, смотря на тщедушные, чахлые лозы,
Век злополучный клянет и на время он сетует горько.

Тит Лукреций Кар

Мир стареет, силы земли иссякают:
«Но потому, что рожать без конца невозможно,
Стала неплодной она, утомившись как жены, с годами».

Тит Лукреций Кар

Развитие городов и центров индустриализации «препятствует обмену веществ между человеком и землей, т. е. возвращению почве ее составных частей, использованных человеком в форме средств питания и одежды, т. е. нарушает вечное естественное условие постоянного плодородия почвы».

К. Маркс

Земля постоянно улучшается, если правильно обращаться с ней.

К. Маркс

Урожайность земли может быть бесконечно повышена приложением капитала, труда и науки.

К. Маркс

« ... Отчасти от развития земледельческой химии, отчасти – земледельческой механики ...» зависит плодородие почв ... «Поэтому, хотя плодородие является объективным свойством почвы, экономически оно все же подразумевает известное отношение – отношение к данному уровню развития земледельческой химии и механики, а поэтому изменяется вместе с этим уровнем»

К. Маркс

Не отвращайся от трудной работы и от земледелия, которое учреждено от Вышнего

Книга премудрости Иисуса,
сына Сираханова, 7; 15

Для меня уничтожение животных равносильно уголовному преступлению, как уничтожение всего, что мы не можем восстановить или заменить, как, например, картин Рембрандта или Акрополя...

...Человек мало чем отличается от рыжей крысы. Благодаря своей приспособляемости и хитрости ему удалось расселиться по всей планете – от самых холодных и продуваемых всеми ветрами гор до душных и влажных тропических лесов. И, как рыжая крыса, куда бы человек ни пришел, он всюду вносит хаос и нарушает равновесие природы.

Джеральд Даррелл

Развитие, генезис почв

Мы знаем: время растяжимо
Оно зависит от того,
Какого рода содержимым
Вы наполняете его.

С. Маршак

Время меняет ведь всю мировую природу.
Мир не коснеет в одном положении:
Тлеет одно и от дряхлости чахнет,
Тогда как другое возрастает и, выйти из мрака стремиться
Так изменяется с возрастом сущность великого мира
Из одного состояния Земля переходит в другое
Прежних нет свойств уже,
Но есть то, что не было прежде.

Тит Лукреций Кар
Поэма «О природе вещей», Древний мир

Замечательный русский ученый Вернадский талантливо и твердо устанавливает новую гипотезу, доказывая, что плодородная почва на каменной и металлической планете нашей создана из элементов органических, из живого вещества. Это вещество на протяжении неисчислимого времени разъедало и разрушало твердую бесплодную поверхность планеты, вот также, как до сего дня лиман – «камнеломки» и некоторые другие растения разрушают горные породы. Растения и бактерии не только рыхлили твердую кору Земли, но ими создана и атмосфера, в которой мы живем, которой дышим. Кислород - продукт жизнедеятельности растений. Плодородная почва, из которой мы добываем хлеб, образована неисчислимым количеством плоти насекомых, птиц, животных, листвою деревьев и лепестками цветов.

М. Горький, 1921

Поглотительная способность почв

Влага морская становится сладкой и пресной по вкусу
Там, где сквозь толщу земли проникает она в водоемы.
Там под землей свои горькие части она оставляет,
Так как последним легко зацепиться в неровностях почвы.

Тит Лукреций Кар

Биоценозы черноземных степей

Высокое плодородие черноземов было создано почти 10-тысячелетней предшествующей послеледниковой историей развития. Многие столетия они развивались в тесном экологическом единстве с буйной лугово-степной и степной растительностью.

Хорошо описана целинная степь Н. В. Гоголем в «Тарасе Бульбе», когда он со своими сыновьями едет в Запорожскую Сечь: «А между тем степь уже давно приняла их всех в свои зе-

леные объятья, и высокая трава, обступивши, скрыла их, и только казачьи черные шапки одни мелькали между ее колосьями ... Вся поверхность земли представлялась зелено-золотым океаном, по которому брызнули миллионы разных цветов. Сквозь тонкие, высокие стебли травы сквозили голубые, синие и лиловые волошки; желтый дрок выскакивал вверх своею пирамидальною верхушкою; белая кашка зонтикообразными шапками пестрела на поверхности... Под тонкими их корнями шныряли куропатки, вытянув свои шеи. Воздух был наполнен тысячами разных птичьих свистов». Будем справедливы, у Н. В. Гоголя слишком гиперболизировано описание буйной растительности, но эмоциональность восприятия степных просторов передана замечательно.

Яркие картины былого степного раздолья описаны И. С. Никитиным:

По всей степи – ковыль, по краям – все туман.
Далеко, далеко от кургана курган;
Облака в синеве белым стадом плывут,
Журавли в облаках перекличку ведут.
Вот и речка... не верь! то под жгучим лучом
Отливается тонкий ковыль серебром.
Высоко-высоко в небе точка дрожит,
Колокольчик веселый над степью звенит.
В ковыле гудодень – и поют, и жужжат.
Раздаются свистки, молоточки стучат;
Средь дорожки глухой пыль столбом поднялась...
На все стороны путь: ни лесочка, ни гор! Необъятная гладь!
Необъятный простор!

Плодородные черноземы в середине XIX века были воспеты А. К. Толстым:

Ты знаешь край, где все обильем дышит,
Где реки льются чище серебра,
Где ветерок степной ковыль колышет,
В вишневых рощах тонут хутора,
Среди садов деревья гнутся долу
И до земли висит их плод тяжелый.

К этому же времени относятся слова воронежского народного поэта А. Кольцова:

Ах ты, степь моя,
Степь привольная,
Широко ты, степь
Пораскинулась
К морю Черному
Понадвинулась.

Поэт О. Мандельштам (1935) так выразил свое восприятие воронежского чернозема:

Как на лемех приятен жирный пласт,
Как степь молчит в апрельском провороте.
Ну, здравствуй, чернозем, будь мужественен, глазаст ...
Красноречивое молчание в работе.

Еловый лес на подзолистой почве

Главная примета леса – дерева высотою в сорок и более метров. Гладкие их стволы напоминают колонны Исаакиевского собора в С.-Петербурге. И стоят великаны на Земле уже более двухсот лет. Ели царствуют в этих реликтовых зарослях, ниже их вечнозеленых вершин – ярусы тоже высоких пихт, лип и стройных, как ели, осин и берез. Ниже – рябина, черемуха, еще какая-то зелень подлеска, а совсем на земле – изумрудное пышное одеяло из мха. Все тут покрыто мхом! Местами он образует мягкие валики толщиной со стоящую ель. Это и есть ели, упавшие лет пятьдесят назад и превращенные временем, сыростью, грибами и незримой животной мелкотою в труху, покрытую мхом. Почти каждый такой валик украшает строй крошечных елочек, проросших из семян на теле великанов, почивших тут своей смертью.

В. Песков

Приамурская лугово-лесная провинция бурых лесных почв

Здесь орех с морошкой рядом,
И лимонник, и сосна,
Ель обвита виноградом,
Мхи да бархат – как стена.
Кабарга – родня оленья,
И волчище, красный весь,
И каменья, и коренья –
Все диковинное здесь.
И глядясь в большие воды

И в заоблачную высь,
Здесь велением природы
Юг и Север обнялись.
Приамурье!
Будто слышу
Голос будущего я:
Под всеобщей звездной крышей
Все обнимутся края!

А. Чепурнов

Сухая степь на каштановых почвах

Калмыцкая степь! Древнее, благородное создание природы, где нет ни одной кричащей краски, где нет ни одной резкой, острой черты в рельефе, где скупая печаль оттенков серого и голубого может поспорить с титанической цветовой лавиной осеннего русского леса, где мягкие, чуть волнистые линии холмов очаровывают душу глубже, чем хребты Кавказа, где скупые озерца, наполненные темной и спокойной древней водой, кажется, выражают суть воды больше, чем все моря и океаны...

Все проходит, а вот это огромное, чугунное, тяжелое солнце в вечернем дыму, этот горький ветер, полный до краем полынью, не забудется. А потом, не в бедности, а в богатстве встает степь...

Вот она весной, молодая, тюльпанная, океан, в котором ревут не волны, а краски. И злая верблюжья колючка окрашена зеленью, и молодые острые шипы ее еще нежны и мягки, не успели окостенеть...

А летней ночью в степи видишь, как галактический небоскреб высится весь – от голубых и белых звездных глыб фундамента до уходящих под мировую крышу дымных туманностей и легких куполов шарообразных звездных скоплений...

Есть у степи одно особо замечательное свойство. Это свойство живет в ней неизменно – и на рассвете, зимой и летом, и в темные ненастные ночи, и в светлые ночи. Всегда и прежде всего степь говорит человеку о свободе... Степь напоминает о ней тем, кто потерял ее.

Василий Гроссман. Жизнь и судьба.

Альпийские луга на горно-луговых почвах

Вот они, альпийские склоны, прорезанные клиньями снегов... Альпийские луга – это вечная весна среди лета, которую

природа оставила для себя, что бы не забывать с чего начала. Это запах цветов в самом чистом виде, потому что здесь уже исключены всякие другие запахи. Кухня земных запахов осталась далеко внизу... Альпийские луга! Это самый верхний запах земли, сливки земных запахов, потому что дальше только камни и небо. И небо нюхает этот запах, что дает ему силы.

Фазиль Искандер, абхазский писатель.

О солончаках

Почва соленая есть, она называется «горькой».

Нехороша для хлебов. Она не смягчается вспашкой.

Качество лозы теряют на ней; плоды же названия.

После фильтрации: «привкусом горьким жалостно рот искривится у тех, кто пробовать станет» [воду].

Вергилий

Солончаковая пустыня

Не так уж в сущности пуста,
Хотя казалась мне доныне
Пустыней белого листа.
В ее нерадостных владениях
Меня растрогали до слез
Неприхотливые растения –
Горькуша, ситник, солерос.
Они судьбу свою приемля
Ей не оказывают честь,
А просто любят эту землю,
Такой, какая она есть.
Ее щадят, оберегают
И не дают ей пустовать –
Ведь Родину не выбирают,
Как ты не выбираешь мать.

Л. Татьяничева

Пустыни

Природа пустынь, несмотря на многие общие черты, многообразна и привлекательна. Еще в 1900 году немецкий географ Ч. Вальтер красочно описывал пустынный феномен: «Пустыня – страна географических парадоксов, и одинаково трудно как составить беспристрастный взгляд на характеристике особенности пустынного ландшафта, так и выразить этот взгляд словами. Тучи без дождя, родники без ручьев, реки без устья, озера без

стока, сухие долины, сухие дельтовые отложения, высохшие озера, безводные впадины, лежащие ниже уровня моря...»

Поэт М. А. Волошин очень эмоционально воспринимал пустыню:

Но только мертвый зной спадет
И брызнет кровь лучей заката
Пустыня вспыхнет, оживет
Струями пламени объята
Вся степь горит и здесь и там
Полна огня, полна движения
И фиолетовые тени
Текут по огненным полям.
Да одиноко городища
Чернеют жутко средь степей:
Забытых дел, умолкших дней
Ненарушимое кладбище.

Туркменский поэт Сенди (XVIII в.) даже гиперболизировал пустынные ландшафты:

Выйду без цели внешней бродить порой
Манят вдаль твои дороги пустыня
Брошу дом, распрощусь с постылой горой
Земли все пред тобой убоги пустыня!

О методологии исследования

Поступай со благоразумием и не предпринимай никакие ручные работы прежде, доколе не будешь совершенно иметь разума и знания вещи.

Теофраст Парацельс, 1522 г.
Химический псалтырь

ЛИТЕРАТУРА

1. *АгеевВ. Н., Вальков В. Ф., Чешев А. С., Цвылев Е. М.* Экологические аспекты плодородия почв Ростовской области: учеб. пособие для студентов вузов. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1996. – 199 с.
2. *Акимцев В.В.* Почва и вино // Виноделие и виноградарство СССР. – 1946. – № 6. – С. 7–14.
3. *Акимцев В.В.* Почвы и качество вин // Почвоведение. – 1950. № 5. – С. 296–302.
4. *Акимцев В.В.* Почвы Прикаспийской низменности Кавказа. – Ростов-н/Д: РГУ, – 1957. – 490 с.
5. *Акопян Г.А., Оганесян Э. Г., Габриелян А. Г.* Определение влажности завядания виноградного растения // Почвоведение. – 1975. – № 3. – С. 129–130.
6. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почв и процессы его трансформации. – М., 1980. – С. 286.
7. *Алехин С.Н, Белоусов В. С., Вальков В. Ф., Сыкалов Н. А.* Бурые лесные сопесчаные почвы Западного Кавказа // Почвоведение. – 1980. – № 6. – С. 27–33.
8. *Алехин С.Н., Вальков В. Ф., Киян Н. Я.* Плодородие генетических горизонтов серой лесостепной почвы // Почвоведение. – 1985. – № 1. – С. 79–83.
9. *Алимбетов С.А., Нурмагамбетов К. Н.* Продуктивность хлопчатника в зависимости от норм удобрений и степени засоления почвы // Химия в сельском хозяйстве. – 1975. – № 9. – С. 24–28.
10. *Антыков А.Я., Стомаров А. Я.* Условия развития и особенности солонцов на третичных глинах Ставропольской возвышенности. – Ставрополь, 1970.
11. *Антыков А. Я., Стомаров А. Я.*Почвы Ставрополья и их плодородие. – Ставрополь: Ставропольское кн. изд-во, 1970. – 180 с.
12. *Апарин Б.Ф.* Плодородие как функциональная система // Почвы и их биологическая продуктивность. – Тарту, – 1979. – С. 19–20.
13. *Аристовская Т.Г.* Микробиология процессов почвообразования. – М. : Наука, – 1980. – 187 с.
14. *Ахтырцев В.П., Вальков В. Ф.* Сравнительная характеристика лесных почв северо-западного Кавказа и Среднерусской лесостепи // Почвоведение. – 1975. – № 2. – С. 5–15.

15. *Бакинова Т.И., Курепина Н. П.* Эколого-экономические основы кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий Республики Калмыкия. – Элиста, 1997.
16. *Бакинова Т.И., Воробьева Н. П., Зеленская Е. А.* Почвы Республики Калмыкия. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1999. – 115 с.
17. *Бабьева И. П., Зенова Г. М.*Биология почв. – М.: МГУ, 1989. – 336 с.
18. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
19. *Базилевич Н.И., Панкова Е. И.* Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. – 1968. – № 11. – С. 3–15.
20. *Базилевич Н.И., Розов Н. Н.* Распространенность засоленных почв разного химизма // Засоленные почвы европейской части СССР и Закавказья: научные труды Почвенного института им. В. В. Докучаева. – М., 1973. – С. 8–14.
21. *Безуглова О. С., Вальков В. Ф.*Виноград: экология, агротехника, переработка. – Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 1999. – 253 с.
22. *Безуглова О. С., Вальков В. Ф.* Яблоня и груша: экология, агротехника, переработка. – Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 2001. – 412 с.
23. *Безуглова О.С.* Гумусовое состояние почв Юга России. – Ростов н/Д, 2001. – 225 с.
24. *Безуглова О.С.* Качественный состав гумуса черноземов Предкавказья // Известия СКНЦ ВШ. – Естеств. науки. – 1984. – № 3. – С. 70–75.
25. *Безуглова О.С., Назаренко О. Г.* Генезис и свойства мочаристых почв Предкавказья // Почвоведение. – 1998. – № 2. – С. 1423–1430.
26. *Безуглова О.С., Орлов Д. С.* Биогеохимия: учебник для вузов. – Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 1999.
27. Белоусов Е. М. Влияние хлоридов и сульфатов натрия на развитие, продуктивность и накопление анионов и катионов в органах хлопчатника // Труды ВНИИ хлопководства. – 1976. Вып. 33. – С. 30–38.
28. *Беседин Т.Д.* Антропогенная трансформация почв влажных субтропиков России под культурой чая. – Краснодар, 2004. – 168 с.
29. *Бессарабов С.Ф.* О солеустойчивости грецкого ореха // Лесоводство. – 1973. – № 2. – С. 95–104.

30. *Бишоф Э.А., Пеганов П. С., Базанов Ю. М.* Влияние глубины залегания грунтовых вод на урожай ячменя // Мелиорация земель Ленинградской области. – Л., 1976. – С. 116–120.
31. *Благонравов П.П.* Выбор участка для закладки виноградника и подбор сортов. – М.: Пищепромиздат, 1958. – 166 с.
32. *Блажний Е.С., Гаврилюк Ф. Я., Вальков В. Ф., Редькин Н. Е.* Черноземы Западного Предкавказья // Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ). – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 5–59.
33. *Блажний Е. С.* Почвы дельты реки Кубани и прилегающих пространств. – Краснодар: Краснодарское кн. изд-во, 1971. – 275 с.
34. *Блэк К.А.* Растение и почва. – М., 1973. – 502 с.
35. *Бобков В.П., Шилина Р. А.* О возможности использования сильнощелочных почв для рисосеяния // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 95–104.
36. *Бобков В. П.* Исследование кислотно-щелочных процессов в почве при затоплении // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 162–169.
37. *Богучарсков В. Т., Иванов А. А.* Дельта Кубани. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1975. – 112 с.
38. *Болышев Н.Н.* Урожай и химический состав донника и суданской травы на темно-каштановых почвах и солонцах // Почвоведение. – 1971. – № 8. – С. 134–139.
39. *Бондарев А.Г., Медведев В. В.* Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. – М., 1980. – С. 84–99.
40. *Букин В. И.* Физиологические особенности корневой системы люцерны в условиях орошения // Научные работы Саратовского сельскохозяйственного института. – 1975. Вып. 44. – С. 70–73.
41. *Бучинский А.Ф., Володарский Н. И., Асмаев П. Г.* Табако-водство. – М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1959. – 395 с.
42. *Бушин П.М.* Зависимость между почвенной влагой, осадками и урожайностью чайного куста // Почвоведение. – 1970. – № 5. – С. 78–84.
43. *Бушин П. М.* Развитие корневой системы чайного куста в зависимости от степени аэрации // Почвоведение. – 1977. – № 3. – С. 78–84.
44. *Вавилов П.П.* и др. Растениводство. – М., 1979. – 550 с.
45. *Вальков В. Ф.* О бонитировке садовых почв // Садоводство. – 1980. – № 11. – С. 9.

46. *Вальков В.Ф.* О некоторых проблемах эдафического фактора экологии сельскохозяйственных растений // Известия СКНЦ ВШ. – Естествен. науки. – 1983. – № 3. – С. 9–13.
47. *Вальков В.Ф., Фиськов А. П.* Почвенно-экологические аспекты виноградарства. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1992. – 112 с.
48. *Вальков В.Ф., Фиськов А. П.* О бонитировке почв под виноградниками // Виноградарство и виноделие СССР. – 1980. – № 7. С. 31–36.
49. *Вальков В.Ф., Фиськов А. П.* Влияние механического состава на урожайность и качество винограда // Почвоведение. – 1981. – № 8. – С. 112–120.
50. *Вальков В.Ф., Елисеева Н. В., Имгрунт И. И., Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Справочник по оценке почв. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 236 с.
51. *Вальков В. Ф., Колесников С. И., Казеев К. Ш.* Почвы Юга России: классификация и диагностика. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 160 с.
52. *Вальков В.Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Очерки о плодородии почв. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 236 с.
53. *Вальков В.Ф.* Генезис почв Северного Кавказа. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1977. – 159 с.
54. *Вальков В. Ф.* Экология почв Ростовской области. – Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 1994. – 80 с.
55. *Вальков В.Ф.* Агропроизводственная группировка почв Краснодарского края // Почвоведение. – 1963. – № 3. – С. 71–76.
56. *Вальков В.Ф.* К характеристике слитых почв Кубы // Почвоведение. – 1968. – № 1. – С. 25–31.
57. *Вальков В.Ф.* Об абсолютном возрасте почв // Известия СКНЦ ВШ. – Естественные науки. – 1980. – № 3. – С. 78–84.
58. *Вальков В. Ф.* Почвенная экология сельскохозяйственных растений. – М.: Агропромиздат, 1986. – 200 с.
59. *Вальков В.Ф.* Почвы и сельскохозяйственные растения. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Агрохимия и почвоведение». – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1992. – 215 с.
60. *Вальков В. Ф.* Схема построения общей агропроизводственной группировки почв Калмыцкой АССР // Проблемы мелиоративного почвоведения и агрохимии Северного Кавказа и нижнего Поволжья. – Ростов н/Д, 1971. – С. 8–13.

61. *Вальков В.Ф.* Экологическая обусловленность почвенных характеристик климатическими факторами // Известия СКНЦ ВШ. – Естествен. науки. – 1982. – № 3. – С. 11–14.
62. *Вальков В.Ф., Казадаев А. А., Гайдамакина Л. Ф., Пелипенко О. Ф.* Биологическая характеристика чернозема обыкновенного карбонатного // Почвоведение. – 1989. – № 7. – С. 67–74.
63. *Вальков В.Ф., Казадаев А. А., Кременица А. М., Тащиев С. С.* Влияние сжигания стерни на биоту чернозема // Почвоведение. – 1996. – № 12. – С. 1517–1522.
64. *Вальков В.Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Дерновый процесс почвообразования как глобальное явление // Грунтознавство, 2004. – Т. 5. – № 3–4. – С. 5–12.
65. *Вальков В.Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Почвоведение: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Изд. центр «МарТ», 2004. – 490 с.
66. *Вальков В. Ф., Клименко Г. Г., Продан В. И.* Оценка и некоторые особенности варьирования генетических характеристик почв // Почвоведение. – 1975. – № 11. – С. 5–13.
67. *Вальков В.Ф., Колесников С. И., Казеев К. Ш.* Почвы Юга России: классификация и диагностика. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 160 с.
68. *Вальков В.Ф., Цвылев Е. М.* Земельный фонд и почвенный покров // Природные условия и естественные ресурсы. Южный округ. – Ростовская область. – Ростов н/Д, 2002. – С. 171–226.
69. *Вальков В.Ф., Штомпель Ю. А. Трубилин И. Т., Котляров Н. С.* Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1996. – 191 с.
70. *Вальков В.Ф., Штомпель Ю. А., Тюльпанов В. И.* Почвоведение (почвы Северного Кавказа): учебник для вузов. – Краснодар: Изд-во «Советская Кубань», 2002. – 720 с.
71. *Ващенко И.М.* Грунтовые воды песчаных массивов и их влияние на рост плодовых деревьев // Почвоведение. – 1980. – № 8. – С. 131–137.
72. *Веремейчик В.Е.* Влияние влажности почвы на морфологические признаки и урожай зерна гречихи // Сб. трудов аспирантов и молодых научных сотрудников ВНИИ растениеводства. – 1970. – С. 199–209.
73. *Вернадский В.И.* Биосфера. Избр. соч. М.: Изд-во АН СССР, – 1960. – Т. 5.

74. *Гаврилюк Ф.Я., Вальков В.* Ф О критериях бонитировки почв // Почвоведение. – 1972. – № 2. – С. 14–21.
75. *Гаврилюк Ф.Я.* Черноземы Западного Предкавказья. Харьков: ХГУ, 1955. – 136 с.
76. *Гаврилюк Ф. Я., Вальков В. Ф., Клименко Г. Г.*Почвы / В кн.: Природные условия и естественные ресурсы Северного Кавказа. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1986. – С. 232–268.
77. *Гаврилюк Ф.Я.* Бонитировка почв. М.: Высшая школа, 1974. – 171 с.
78. *Гаврилюк Ф.Я.* Почвы районов орошения Ростовской области. – Ростов н/Д: Ростов. кн. изд-во, 1951. – 76 с.
79. *Гасанов Ш. Г., Якубова С. Д.* Влияние каменистости на величину балла бонитета почв и урожайность зерновых культур // Доклады АН АзССР. – 1978. – № 4. – С. 13–25.
80. *Герасимов И. П.* Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. – М.: Наука, 1976.
81. *Герасимов И.П.* Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв // Почвоведение. – 1973. – № 5. – С. 105–110.
82. *Герасимов И.П., Глазовская М. А.* Основы почвоведения и география почв. – М: Географгиз, 1960. – 430 с.
83. *Герасимова М.А., Караваева Н. А., Таргулъян В. О.* Деградация почв: методология и возможности картографирования // Почвоведение. – 2000. – № 3. – С. 118–119.
84. *Гиляров М.* С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. – 279 с.
85. *Головлев А.А.* Горные ландшафты Чеченской республики и особенности их освоения: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Воронеж, 2005.
86. *Головлев А.А., Головлева Н. М.* Почвы Чечено-Ингушетии. Грозный: Книга, 1991. – 352 с.
87. *Горбов С.Н., Тищенко С. А.* Почвы урболандшафтов и техноземы. Почвоведение: учебник для вузов. Москва–Ростов н/Д: Изд. центр «МарТ», 2004. – С. 426–434.
88. *Гринченко А.М., Муха В. Д., Чесняк Г. Я.* Трансформация гумуса при сельскохозяйственном использовании почв // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – № 1. – С. 36–40.
89. *Гричун А. Т.* Эффективность известкования кислых почв под сою в Приморском крае // Научно-технический бюллетень Всероссийского НИИ сои. – 1977. – № 9/10. – С. 15–25.

90. *Гришина Л.А., Орлов Д. С.* Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. – М., 1978. – С. 42–47.
91. *Давитая Ф.Ф.* Климатические показатели сырьевой базы виноградно-винодельческой промышленности // Виноградарство. Магарач. – М., 1959. – С. 12–32.
92. *Даденко Е.В.* Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв: автореф. дисс ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д, 2004. – 24 с.
93. *Девятова А.С.* Определение нижнего предела почвенной влаги, доступной для плодовых растений // Почвоведение. 1971. – № 7. – С. 76–82.
94. Деградация и охрана почв / под общей ред. Г. В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
95. *Дегтярева Е.Т., Жулидова А. Н.* Почвы Волгоградской области. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1970. – 319 с.
96. *Денисова Т.В.* Влияние электромагнитного загрязнения на биологические свойства чернозема обыкновенного: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д, 2004. – 24 с.
97. *Денисова Т.В., Казеев К. Ш.* Восстановление ферментативной активности чернозема после воздействия γ-излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45. – № 6. – С. 1–5.
98. *Денисова Т.В., Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф.* Влияние гамма-излучения на биологические свойства почвы (на примере чернозема обыкновенного) // Почвоведение. – 2005. – № 7. – С. 877–881.
99. *Державин Л.М., Фрид А. С., Янишевский Ф. В.* О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Агрохимия. – 1999. – № 12. – С. 19–30.
100. *Джогман Р.Г. Г., Тер Браак С. Дж. Ф., Ван Торгерен О. Ф. Р.* Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. – М.: РАСХН, 1999. – 306 с.
101. *Добровольский В.В.* География почв с основами почвоведения: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.
102. *Добровольский Г.В., Василевская В. Д., Зейдельман Ф. Р., Звягинцев Д. Г.* Факторы и виды деградации почв // Деградация почв. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.

103. *Добровольский Г. В., Никитин Е. Д.*Сохранение почв как неизменного компонента биосферы. – М.: Наука, 2000. – 184 с.
104. *Добровольский Г.В., Никитин Е. Д.* Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). – М.: Наука, 1990. – 261 с.
105. *Докучаев В.В.* Избранные сочинения. – М.: Изд-во сельскохоз. литературы, 1948. Т. 1–3.
106. *Долгов С.И., Житкова А. А., Виноградова Г. Б.* Продуктивность использования растениями почвенной влаги при различной влажности почвы // Почвоведение. – 1979. – № 11. – С. 88–94.
107. *Долгов С.И., Житкова А. А.* Водно-физические свойства чаепригодных почв северных склонов западной части Кавказского хребта // Почвы предгорных районов Краснодарского края и освоение их под культуру чая. – М., 1960. – С. 207–251.
108. *Драган Н.А.* Реакция виноградного растения на различные условия водно-солевого режима почв в Присивашье Крыма: Труды ВНИИ виноделия и виноградарства. – Магарач, 1970. – С. 36–48.
109. *Драган Н.А., Зенкова Р. А., Супрычева С. В.* Карбонатность почв предгорий Крыма в связи с культурой привитого винограда // Виноградарство. – Одесса, 1978. – С. 106–110.
110. *Дурынина Е.П.* К вопросу о влиянии кислотности почв на некоторые биохимические показатели зерна яровой пшеницы // Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. – М., 1972. – С. 234–239.
111. *Егоров В.В., Базилевич Н. И., Панкова Е. И.* Принципы составления карты типов засоления почв // Засоление почвы европейской части СССР и Закавказья: науч. труды Почвенного института им. В. В. Докучаева. – М., 1973. – С. 4–8.
112. *Егоров В.В.* Предпосылки к выбору действенных способов мелиорации солонцов // Приемы и методы совершенствования мелиорации солонцов. – М., 1976. – С. 41–56.
113. *Енкина О.В., Коробской Н. Ф.* Микробиологические аспект сохранения плодородия черноземов Кубани. – Краснодар: Агропромиздат, 1999. – С. 150.
114. *Жуковский П.М.* Культурные растения и их сородичи. – Л., 1971. – 530 с.
115. *Захаров С.А.* Главнейшие почвы Черноморского округа и их сельскохозяйственная характеристика // Ежегодник по

изучению почв Северного Кавказа за 1928 г. – Ростов н/Д, 1929. Т. 2. – № 81. – С. 75–108.
116. *Захаров С. А.* Плодородие глубоких горизонтов почв черноземной и каштановой зон, особенно Северного Кавказа и Дона // Ученые записи Ростовского университета. Т. II. Труды геолого-почвенного факультета. – Вып. 4. – Ростов н/Д, 1946. – С. 3–81.
117. *Захаров С.А.* Эволюция плодородия генетических горизонтов каштановой и черноземной зон. Записки Харьковск. с.-х. ин-та. Т. IV. – Харьков, 1945.
118. *Зозулин Г. М.* Леса Нижнего Дона. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1962. – 201 с.
119. *Зонн С. В.* Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 260 с.
120. *Зайдельман Ф. Р.* Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 300 с.
121. *Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В. И., Ангелов Е. Н., Давыдов А. И.* Почвы мочарных ландшафтов - формирование, агроэкология и мелиорация. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 160 с.
122. *Залибеков З.Г.* Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров. М., – 2000. – 216 с.
123. *Затинацкий С.В., Хитров Н. Б., Омельченко Н. П., Никитина Н. С.* Исследование предпочтительных потоков гравитационной влаги в почве с помощью ячеистых лизиметров // Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004. – Кн. 1. – С. 426.
124. *Захаров С.А.* Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика. – Ростов н/Д, 1946. – 120 с.
125. *Захаров С.А.* Почвы Предкавказья Почвы СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1939. Т. 3. – С. 271–355.
126. *Звягинцев Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–54.
127. *Звягинцев Д.Г.* Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
128. *Зуев В.И.* Особенности возделывания овощных культур на засоленных почвах. – Ташкент, 1977. – 157 с.
129. *Иванов В.Ф.* Определение солеустойчивости плодовых культур // Почвоведение. – 1970. – № 4. – С. 78–85.

130. *Иванов В.Ф.* Определение критического для яблони уровня содержания токсичных солей в луговых почвах // Почвоведение. – 1978. – № 11. – С. 122–133.
131. *Иванов В. Ф., Иванова А. С., Опанасенко Н. Е., Литвинов Н. П., Бажов В. И.* Экология плодовых культур. – Киев: Агронаука, 1998. – 395 с.
132. *Иванова Е.Н.* Классификация почв СССР. – М.: Наука, 1976. – 225 с.
133. *Ивонин В. М., Тергерян В. А.* Эрозия почв и противоэрозионные системы. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 155 с.
134. *Казеев К.Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф.* Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.
135. *Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф.* Биологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами // Научная мысль Кавказа. – 2000. – № 4. – С. 45–54.
136. *Казеев К.Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф.* Гумусовое состояние почв предгорий Северо-Западного Кавказа // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 848–853.
137. *Казеев К.Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф.* Комплексный подход к изучению биологических свойств почв юга России: Материалы III съезда Докучаевского общества почвоведов. Кн. 2. – Суздаль, 2000. – С. 24.
138. *Капшук М. П.* Особенности строения корневых систем мандарина в советских убтропиках // Вопросы тропического и субтропического сельского хозяйства. – М., 1978. – С. 55–58.
139. *Карманов И.И.* Принципы и методика составления общесоюзных шкал оценки плодородия почв // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. Вып. XXII. – М., 1980. – С. 25–41.
140. *Карманов И.И., Булгаков Д. С.* Деградация почв: предложения по совершенствованию терминов и определений // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предопреждения. – М., 1998. – Т. I. – С. 5–6.
141. *Карпачевский Л.О.* Динамика свойств почвы. – М.: Изд-во Геос, 1997. – 170 с.
142. *Карпачевский Л.О.* Экологическое почвоведение. – М.: Изд-во Геос, 2005. – 336 с.
143. *Карпухин А.И., Еремина Л. Г.* Влияние фульвокислот на рост и развитие кукурузы: Доклады Московской сельскохо-

зяйственной академии им. К. А. Тимирязева. – М., 1979. – № 248. С. – 47–51.
144. *Качинский Н.А.* Физика почв. Ч. 1, 2. – М.: Высш. шк., 1965, 1970.
145. *Керефов К. Н., Фиапшев Б. Х.* Почвы степной зоны Кабардино-Балкарской АССР. – Нальчик, 1986. – 120 с.
146. *Керефов К.Н.* Биологические основы растениеводства. – М., 1975. – 418 с.
147. *Кирюхин В. П., Кутовенко Л. Н.* Влияние постоянной и переменной влажности почвы на водный режим, рост и урожайность картофеля: Ученые записки Пензенского сельскохозяйственного института. – 1971. Вып. 15. – С. 103–114.
148. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
149. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 280 с.
150. Классификация почв России / сост. Л. П. Шишов, В. Д. Такконо-гов, И. И. Лебедева). – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2004. – 342 с.
151. *Козин В.К.* Научные основы оценки почвенно-экологических условий под многолетними насаждениями в субтропиках России: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. – 1993. – 51 с.
152. *Кокорина А.Л.* Влияние кислотности почвы на урожайность и химический состав пастбищного корма при различных режимах увлажнения почвы // Животноводство, технология заготовки и консервирования кормов. – Л., 1977. – С. 88–91.
153. *Колесников С.И, Казеев К. Ш., Вальков В. Ф.* Биоэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами // Научная мысль Кавказа. – Изд-во СКНЦ ВШ. – 2000. – № 4.
154. *Колесников С.И., Казеев К. Ш.* Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и здоровье человека // Безопасность биосферы 99: материалы Международной молодежной конференции. – Екатеринбург, 2000.
155. *Колесников С.И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф.* Биоэкологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения. – Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2001. – 64 с.
156. *Колесников С.И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф.* Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Экология. – 2000. – № 3. – С. 193–201.

157. *Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф.* Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – 230 с.
158. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
159. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Энциклопедия «Экометрия» / под ред. Исаева Л. К. – СПб.: Эколого-аналитический информационный центр «Союз», 1998.
160. *Коржов С. И., Коронев Н. Н.* Микробиологическая активность почвы при минерализации бобовых и злаковых культур // Черноземы Центральной России: генезис, география, эволюция. – Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 268–371.
161. *Костычев П.А.* Почвы черноземной области России. – М.: Изд-во с.-х. литературы, 1949. – 239 с.
162. *Кочкин М.А.* Принципы оценки почвенных видов по генетическим признакам и систематизация их в группы по агропроизводственным свойствам // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1968. – № 5. – С. 88–94.
163. *Кременица А.М.* Структура комплекса ногохвосток (Collembola) чернозема обыкновенного Нижнего Дона: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2005. – 24 с.
164. *Криволуцкий Д.А.* Почвенная фауна в экологическом контроле. – М.: Наука, 1994, – 270 с.
165. *Криволуцкий Д.Ф., Покаржевский А. Д., Сизова М. Г.* Почвенная фауна в экологическом кадастре. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1985. – 96 с.
166. *Крупеников И.А., Лунева Р. И., Рябинина Л. Н., Лесина Т. И., Мартин А. Г.* Временная инструкция по бонитировке почв под виноградниками и плодовыми насаждениями. – Кишинев, 1976. –35 с.
167. *Крылатов А. К.* О солевыносливости виноградной лозы // Виноделие и виноградарство СССР. – 1964. – № 4. – С. 31–36.
168. *Кузнецов Р.В.* Распределение гумуса и минералов по гранулометрическим фракциям в основных типах почв Ростовской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. –Ростов н/Д, 2004.
169. *Лазарчук Н.А.* Суданская трава на солонцах // Корма. – 1977. – № 5. – С. 41.
170. *Лархер В.* Экология растений. – М., 1978. – 381 с.

171. *Леуто И. Э., Чертков В. Т.* Особенности роста корневой системы овса и озимой пшеницы на торфяных почвах // Труды Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства. – 1975. Вып. 23. – С. 163–166.
172. *Липкинд И. М., Джумаева И. М.* Влияние удобрений на развитие и продуктивность хлопчатника на засоленных почвах // Проблемы генезиса и мелиорации орошаемых почв. – М., 1973. Ч. 4. – С. 72–77.
173. *Лобанов В. М., Чешев А. С., Цвылев Е. М., Шмаков Н. М.* Состояние и использование земельного фонда Ростовской области. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1997. – 229 с.
174. *Лунева Р. И.* Зависимость урожайности винограда от свойств почв / В кн.: Научные основы рационального использования и повышения плодородия почв. – Ростов н/Д, 1978. – С. 72–75.
175. *Лукин С. В.* Агроэкологическое состояние пахотных почв Белгородской области // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 6. – С. 118–123.
176. *Милюткин А. Ф., Огурцов В. Н.* Некоторые особенности роста и развития корневой системы сорго на черноземных почвах Среднего Поволжья // Селекция и агротехника сельскохозяйственных культур в Среднем Поволжье. – Куйбышев, 1974. – С. 46–50.
177. *Минкевич И.А.* Растениеводство. – М., 1968. – 478 с.
178. *Минкин М.Б., Ендовицкий А. П., Калиниченко В. П.* Карбонатно-кальциевое равновесие в почвенных растворах. – М.: Изд-во МСХА, 1995. – 210 с.
179. *Михайлов С.Д., Сухачев А. Г.* Урожайность сахарной свеклы на почвах с раздичным механическим составом // Известия Киргизского филиала Всесоюзного общества почвоведов. – 1972. – Вып. 6. – С. 107–111.
180. *Мишнев В.Г.* Эдафотицическая характеристика селекционных форм грецкого ореха Северной Армении // Труды Тбилисского института леса. – 1975. – С. 245–254.
181. *Молчанов Е. Ф.* Биолого-экологические основы плодоводства на карбонатных почвах (на примере Крыма): автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. – Ереван, 1986. – 39 с.
182. *Молчанов Е.Ф.* Перспективы использования карбонатных почв в плодоводстве в связи с хлорозом // Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и пути повышения их плодородия. – Нальчик, 1971. – С. 433–436.

183. *Муха В.Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В.* Агропочвоведение. – М.: Колос, 2003. – 526 с.
184. *Неговелов С. В., Михайлов Ю. Е.* Обработка почвы на виноградниках. – Ростов н/Д, 1982. – 72 с.
185. *Неговелов С.Ф., Вальков В. Ф, Ряднова И. М., Снитко Н. Ф., Тютюников Я. М.* Выбор почвы и организация территории садов и виноградников. – Краснодар: Кн. изд-во, 1958. – 92 с.
186. *Неговелов С.Ф., Вальков В. Ф.,* Почва и сады. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1985. – 190 с.
187. *Неговелов С.Ф., Акопян Г. А.* Определение влажности завязания проростками подсолнечника и саженцами винограда в одном сосуде // Почвоведение. – 1968. – № 12. – С. 135–137.
188. *Неговелов С.Ф., Вальков В. Ф.* Оценка механического состава при выборе участка под сады // Садоводство. – 1961. – № 8. – С. 21–22.
189. *Неговелов С. Ф., Теренько Г. Н.*Использование некоторых засоленных почв Северного Кавказа под плодовые насаждения // Научные основы рационального использования и повышения плодородия почв. – Ростов н/Д, 1978. – С. 45–46.
190. *Николаев М. Е., Николаева С. А.*Суточная периодичность роста и продуктивности гречихи в зависимости от различного увлажнения почвы // Сб. науч. трудов Белорусской сельскохозяйственной академии. – 1978. – № 49. – С. 51–54.
191. *Опанасенко Н.Е.* Яблоня на каменисто-щебенчатых галечниковых почвах Крыма // Труды Никитского ботанического сада. – 1977. – Т. 71. – С. 36–48.
192. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
193. *Орлов Д.С.* Химия почв. – М. : Наука, 1985. – 376 с.
194. *Орлов Д.С., Бирюкова О. Н., Садовникова Л. К., Фридланд Е. В.* Использование группового состава гумуса и некоторых биохимических показателей для диагностики почв // Почвоведение. – 1979. – № 4. – С. 10–22.
195. *Пелипенко О. Ф.* Диагностика почв по растительному покрову // Экологическое почвоведение. – Краснодар: Изд-во Сов. Кубань, 2004. – С. 217–229.
196. *Петров В.С.* Научные основы биологической системы содержания почвы на виноградниках. – Новочеркасск, 2003. – 170 с.
197. *Полуэктов Е.В.* Эрозия почв на Дону и меры борьбы с ней. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1985. – 155 с.

198. *Полуэктов Е. В., Луганцев Е. П.* Почвозащитные системы в ландшафтном земледелии. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005. – 203 с.
199. *Попович А.А.* Изменение эколого-биологических свойств почв Юга России при загрязнении фтором, бором, селеном, мышьяком: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д, 2005.
200. Почвы предгорных районов Краснодарского края и их освоение под культуру чая. – М., 1960. – 251 с.
201. Природные ресурсы и производительные силы Северного Кавказа. Растительные ресурсы. – Ростов н/Д, 1980. – 333 с.
202. *Рахимов А.Р.* Продуктивность хлопчатника в зависимости от водообмена // Научные труды Ташкентского селькохозяйственного института. – 1971. Вып. 26. – С. 16–23.
203. *Роде А. А.* Основы учения о почвенной влаге. – Л., 1965. – С. 663.
204. *Родин Л.Е., Базилевич Н. И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара. – М., Л. : Наука, 1965. – 254 с.
205. *Рылов Г.П.* Реакция груши на кислотность почвы // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1976. – № 7. – С. 15–16.
206. *Садименко П.А.* Почвы юго-восточных районов Ростовской области. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1966. – 127 с.
207. *Салопов Г.С.* К вопросу о критической глубине залегания грунтовых вод // Почвоведение. – 1969. – № 7. – С. 97–103.
208. *Сафонов А. Ф.* Роль подземной части растений озимой пшеницы в накоплении органического вещества в почве // Доклады Москов. с.-х. академии им. К. А. Тимирязева. – 1972. – Вып. 187. – С. 37–40.
209. *Семенов В.А., Березовский В. А., Драгунов О. А., Леонтьев О. А.* Оптимальные параметры свойств почв для возделывания культурных растений // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. – М., 1980. – С. 51–63.
210. *Славина Т. П.*О биохимических процессах в ризосфере культурных растений // Почвоведение. – 1971. – № 1. – С. 84–91.

211. *Словцева Г. А.* Вопросы мелиорации засоленных почв // Сельское хозяйство за рубежом. – 1972. – № 7. – С. 17–24.
212. *Соломкина Л. Г., Чешев А. С.* Эколого-экономические аспекты современного землепользования. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2004. – 288 с.
213. *Станков Н.З.* Корневая система полевых культур. – М., – 1964. – 279 с.
214. *Строгонов Б.П.* Физиологические основы солеустойчивости растений. – М., 1969.
215. *Тищенко С.А.* Изменение черноземов Нижнего Дона при локальном переувлажнении: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д, 2004. – 24 с.
216. *Тищенко С.А., Безуглова О. С., Назаренко О. Г.* Изменение гумусного состояния чернозема обыкновенного при развитии локального переувлажнения: Сб. статей «Мелиорация антропогенных ландшафтов». Новочеркасск, 2000. – Т. 10. – С. 23–32.
217. *Троицкий А. И.* Почвы предгорных районов Краснодарского края // Почвы предгорных районов Краснодарского края и их освоение под культуру чая. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 41–103.
218. *Туровцева А.Г., Долматова Л. А.* Косточковые культуры на песчаных почвах // Научные труды Воронежского с.-х. инта, 1975. – С. 61–73.
219. *Уваров В. И.* Верховодка в почвах предгорий Краснодарского края // Почвоведение. – 1970. – № 9. – С. 118–134.
220. *Уваров В.И.* Изменение физических свойств слитых почв Краснодарского края // Почвоведение. – 1972. – № 10. – С. 67–78.
221. *Узбек И.Х.* Особенности развития корневых систем люцерны и эспарцета, возделываемых на рекультивируемых почвах // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 101–107.
222. *Унгурян В.Г.* Почва и виноград. – Кишинев: Штиница, 1979. – 211 с.
223. *Урсу А.Ф., Врабие Л. М., Марков И. В.* Влияние солонцеватости и засоления почвы на рост яблони // Бонитировка, генезис и химия почв Молдавии. – Кишинев, 1979. – С. 88–101.
224. *Фурса Д.И.* Погода, орошение и продуктивность винограда. – Л., 1977. – 124 с.
225. *Хитров Н. Б.* Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального

Предкавказья. – М. : Почвенный ин-т им В. В. Докучаева РАСХН, 2003. – 505 с.
226. *Хлопков П. Я.* Определение засоленности почв по растительному покрову // Сельское хозяйство Северного Кавказа. – 1960. – № 8. – С. 51–52.
227. *Хохлов А.Н.* Строение корневых систем яблони как функция почвенных условий // Вопросы тропического и субтропического сельского хозяйства. – М., 1978. – С. 58–62.
228. *Хусаинов Г.Х.* Эспарцет на недоразвитых щебенчатых почвах // Труды Башкирского НИИ сельского хозяйства. – 1973. – Вып. 4. – Ч. I. – С. 172–175.
229. *Цховребов В. С.* Антропогенная деградация черноземов Центрального Предкавказья. – Ставрополь: Изд-во «АТРУС», 2003. – 224 с.
230. *Черниченко И. Д.* Рисовые почвы // Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1998. – С. 125–138.
231. *Четвертных Л. М.* Устойчивость видов и сортов донника к засолению на солонцовых комплексах Целиноградской области // Бюллетень ВНИИ растениеводства. – 1975. – Вып. 55. – С. 51–54.
232. *Четвертных Л. М.* Устойчивость видов донника к хлоридно-сульфатному засолению // Бюллетень ВНИИ растениеводства. – 1976. – Вып. 60. – С. 62–67.
233. *Чешев А. С., Вальков В. Ф.* Основы землепользования и землеустройства: учебник для вузов. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2002. – 544 с.
234. *Чешев А.С., Вальков В. Ф., Бейчук О. Н., Матросов Л. С., Цвылев Е. М.* Организационно-хозяйственные аспекты использования и оценки земель. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1998. – 199 с.
235. *Шамрай И. А.* Минералогический состав лессовидных пород Нижнего Дона и Северного Предкавказья как показатель их эолового происхождения: ученые записки Рост. ун-та. – Ростов н/Д, 1958. – Т. 34. – Вып. 7.
236. *Шатилов И. С.* Кормовые травы // Растениеводство. – М., 1979. – С. 335–396.
237. *Шатилов И.С., Сафонов А. Ф.* Развитие корневой системы озимой пшеницы и поглощение ею питательных веществ из разных слоев почвы // Известия Тимирязевской с.-х. академии. – 1973. – № 4. – С. 48–56.

238. *Шеуджен А. Х., Куркаев В. Т., Котляров Н. С.* Агрохимия. 2-е изд. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
239. *Шкондэ Э. И., Лола М. В.* Влияние удобрений и растений на содержание и состав гумуса в предкавказском черноземе // Почвоведение. – 1980. – № 12. – С. 103–120.
240. *Шпогис К. А., Веверс Э. В.*Влияние свойств почвы на урожайность и содержание протеина в зерне различных сортов ярового ячменя // Почвоведение. – 1975. – № 6. – С. 113–120.
241. *Штарева А.П.* Агроклиматические условия произрастания винограда на территории Северного Кавказа. – Л., 1966. – С. 74.
242. *Штомпель Ю. А., Котляров Н. С., Трубилин А. И.* Деградация почв и почвоводоохранное земледелие. – Краснодар: Советская Кубань, 2001. – 528 с.
243. *Янчковский Ю.Я.* Этапы и прогноз антропогенеза почв равнинной части Краснодарского края // Почвенно-экологические проблемы земельного фонда Краснодарскою края. Краснодар: КГАУ, 1999. – С. 139–152.
244. *Anter F., Hilal M.H., El–Damaty A. H.* A chemical and biological approach towards the definition of calcareous soils. H. Plant and Soil, 1973. № 3. P. 479–486.
245. *Anter F.,Omer M., El–Hady O.* The influence of water tabie levels on some chemical properties and plant growth // Egypt Journal Soil Science. 1971. № 2. P. 169–182.
246. *Babalola O., Lal R.* Subsoil gravel horizon and maize root growth // Plant and Soil. 1977. № 2. P. 337–346.
247. *Barakat M.A., El–Chamry W. M., Chowail S. I.* The effect of water table on field crops // Agricultural Research Reports. 1971. № 2. P. 213–218.
248. *Bernstein L.* Crop growth and salinity // Drainage Agriculture, Madison Wisconcin, 1974.
249. *Blamey F., Nathanson K.* Relationships between aluminium toxdty and sun–flower yields // Agrochemophysica. 1977. № 2. P. 59–65.
250. *Burns R.G.* Soil enzymology. Sci. Progr., 1977. V. 64. № 254.
251. *Carter O.L.* Problems of salinity in agriculture. – Plant in Saline Environments. Berlin–New-York, 1975. P. 25–35.
252. *Chhabra R., Singh S., Abrol I.* Effect of exchangeable sodium percentage on the growth, yield and chemical composition of sunflower // Soil Science. 1979. № 4. P. 242–247.

253. *Delas J., Juste C.* Quelques problemes poses par les sols viticoles acides // Connaissance de la vigne et du vin. 1975. № 2. P. 67–80.
254. *Denisova T.V., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. and Val'kov V. F.* The Influence of Gamma Radiation on the Biological Properties of Soil (Using the Example of Ordinary Chernozem) // Eurasian Soil Science. Vol. 38. № 7. 2005. P. 776–779.
255. *Doss B., Evans C., Turner J.* Influence of subsoil acidity on tomato yield and fruit size // Journal of the American Society for Horticultural Science. 1977. № 5. P. 643–645.
256. El uso eficaz de los fertilizantes. Editorial nucianal de Cuba, La Habana, 1964. P. 324.
257. *Foy C. D., Orellana R. G., Schwartz J. W., Fleming A. I.* Responses of sunflower gentypes to aluminium in acid soil // Agronomy Journal. 1974. № 2. P. 293–296.
258. *Goncharova L.I., Bezuglova O. S., Valkov V. F.* Seasonal dynamics of humus content and enzymatic activity in ordinary carbonate chernozem // Soviet Soil Sci. V. 23. № 2. 1991.
259. *Gupta J.P., Abbroll P. A.* A study of the effect of soil compaction and moisture regimes in the growth and chemical composition on mair plants // Journal of the Indian Society of Soil Science. 1970. № 4. P. 397–403.
260. *Gupta U.C., Chipman E. W.* Influence of iron ans pH on the yields and iron, manganese, zinc, and sulfur concentrations of carrots grown on sphagnum plat soil // Plant and Soil. 1976. № 3. P. 559–566.
261. *Holl J. V.* Cranberry growth as related to water levels in the soil // Canadian Journal of Plant Science. 1971. № 3. P. 237–239.
262. *Inforzato R., Ribeiro de Campos H., Sauza C.* Desenvolvimento do sistema radicular de tomateiro en plantas com diferentes idades. Bragantia, 1970. P. 105–118.
263. *Juste C., Greciet P., Rouquie R., Wilbert J.* Relation entre la teneur en matiere organique du sol et lerendement des cultur de mais non irriques. Comptes rendus de Academie d'Agriculture de France, 1971. № 1, P. 68–74.
264. *Kazeev K., Sh., Alekhin S.N.,Kolesnikov S., Valkov V.* Changes in Humus Status of the Soils of the Northwestern Caucasus Foothills undo Agricultural Use // Agricultural Chemistry. 1999. № 2. P. 93–97.

265. *Kazeev K., Sh., Kolesnikov S., Valkov V.* Humus Status in Soils of the Northwestern Caucasus Foothills//Eurasian Soil Science. 1998. № 7. P. 772–777.
266. *Kazeev K.Sh., Kremenitsa A. M., Kolesnikov S. I., Kazadaev A. A., Bulysheva N. I., Utyanskaya S. V., Vnukova N. V., and Val'kov V. F.* Biological Properties of Soils of the Chestnut–Solonetz Complexes // Eurasian Soil Science. Vol. 38. № 4. 2005. P. 408–418.
267. *Kolesnikov S.I., Kazeev K. Sh., Val'kov V. F.* Effects of Heavy Metal Pollution on the Ecological and Biological Characteristics of Common Chernozem // Russian Journal of Ecology. № 3. 2000. P. 174–181.
268. *Kolesnikov S.I., Kazeev K. Sh., Valkov V. F.* The Effect of Heavy Metal Contamination on the Microbial System in Chernozem // Eurasian Soil Science. 1999. № 4. P. 459–465.
269. *Kolesnikov S.I., Kovalenko V. D., Kazeev K., Sh., Valkov V. F.* The Effect of Contamination by Heavy Metal on the Amount of Mobil Form of Nitrogen and Phosphorus in Ordinary Chernozem// Agricultural Chemistry. 1999. № 1. P. 48–53.
270. *Lee C.R.* Influence of aluminum on plant growth and tuber yield of potatos // Agronomiy Journal. 1971. № 3. P. 363–364.
271. *Liebster G.* Der Anbau der Waldpreiselbeere auf Kulturland. – Erwerbs–Obstbau. 1975. № 3. P. 39–42.
272. *Mengel D., Kamprath E.* Effect of soil pH and liming on growth and nodulcetion of soy beans in histosols // Agronomiy Journal. 1978. № 6. P. 959–963.
273. *Mitkees A.I., Selim M. H., Tohami Sharaf, El–Abasari M. A.* Effect of soil salinity on flax crop // Agricultural Research Reports. 1972. № 2. P. 43–60.
274. *Naphde J. D., Childyal B. P.* Influence of the stat e of oxidation and reduction on soil characteristics nutrient uptake and rice growth. Riso, 1974. № 3. P. 277–282.
275. Perez-Escolar Raul Effect of soil pH and related acidity factors on yields of sweetpotatoes and soybeans grown on typical soils of the humid tropics // Journal Agriculture of the University of Puerto Rico, 1977. № 1. P. 82–89.
276. *Pethigagoda J., Krishnapillai S., Nagarajah S.* Studies on the mineral nutrition of tea. Tea Qua rt., 1969. № 4. P. 145–152.
277. *Rondon M.R., Goodman R. M., Handelsman J.* The Earth's bounty: assessing and accessing soil microbial diversity // Trend Biotechnol. 1999. V. 17. P. 403–409.

278. *Saini G. R.* Seed germination and salt tolerance of crops in coastal alluvial soils of New Brundswick, Canada // Ecology. 1972. № 3. P. 524–525.
279. *Samonte H., Ocampo A.* Liming and ats residual effect on soils planted to corn // Philippines Agriculture. 1977. № 9–10. P. 420–430.
280. *Sanchez Conde M., Ortega B. C., Perez Brull M.* Estudio de la accion del acido humico sobre la remolacha azucarera utilizando cultivo hidroponice // Anales de edafologia y agrobiologia. 1972. P. 319–331.
281. *Schröder D.* Bezeihungen zwischen Kornertrag und Lobmдchtigkeit bei Weizen und Hafer in einem Trockenjahr. Zeitschrift fьr Acker– und Pflancenbau. 1973. № 3, P. 232–238.
282. *Scujins J., Klubek B.* Soil biological properties of a mountain forest sere: corroboration of Odum's postulates // Soil Biology and biochemistry. 1982. V. 14. № 5. P. 505–513.
283. *Singh N., Brar G.* Effect of amount and depth of profilestoried on the yield of dryland wheat // Indian Journal of Agricultural Science. 1979. № 4. P. 266–269.
284. *Singh T.* Alkali tolerance of some hybrids of plant millet // Indian Journal of Plant Physiology. 1976. № 2. P. 147–153.
285. *Steinberg B.* Untersuchungen ьber die vertikale Verteilung der Wuzzelspitzen auf verschiedenen Standorten. Wein–Wiessenschaft. 1973. № 2. P. 57–83.
286. *Tan K., Nopumornbodi V.* Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn Zea Mays // Plant and Soil. 1979. № 2. P. 283–287.
287. *Tay T. H., Wee Y. C.* Liming of peat soils and effects on pineapple // Malays Pineapple. 1972. № 2. P. 53–59.
288. *Tesu C., Tesu V., Merliscu E.* Effectul salinitatii solurilor halomorfe asupra recoltei la floarea–soarelui // Cerc. agron. Moldova. 1979. № 1. P. 39–42.
289. *Thaworwong N., Diest A.* Influences of high acidity and aluminum on the growth of lowland rice // Plant and Soil. 1974. № 1. P. 141–159.
290. Thihatmer Jцrg. Bezeihungen zwischen Grundwasserstand und Pflancendecke auf verschiedenen Standsubstraten. Acker- und Pflancenbau und Bodenkunde. 1978. № 7. P. 397–403.
291. *Valkov V.* Fertilidad de sabanas del oeste de Cuba // Agrotechia de Cuba. 1967. № 2.

292. *ValkovV.F.,KazadaevA. M.,KremenicaA. M.,Taschiev S. S.* The effect of stubble burning on chernozem biota // Eurasian Soil Sci. 1996. № 29/12. P. 1412–1416.
293. *Valkov V. F., Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh.* Humus Status in Soils of the Northwestern Caucasus Foothills // Eurasian Soil Sciensce. 1998. № 7. P. 772–777.
294. *Valkov V.F., Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh. Taschiev C. C.* Influence of heavy metal pollution on microscopic fungi and Azotobacter of common chernozem // Russian Journal of Ecology. 28 (5). Sept. – oct. 1997. P. 345–346.
295. *Varma A., Subba Rao N.* Effect of different levels of soil moisture of growth, yield and some physiologic al aspects of modulation in green gram // Indian Journal of Agricultural Science. 1975. № 1. P. 11–16.
296. *Walker M. E., Marchant W. H.* Effect of soil pH on forage yield and chemical composition of sorghum amd millet // Agronomy Journal. 1975. № 2. P. 191–193.
297. *Worley R.E.* Response of tomato to pH of a coastal plain soil // Journal of the American Society for Horticultural Science. 1976. № 4. P. 460–462.

Научное издание

ВАЛЬКОВ Владимир Федорович,
ДЕНИСОВА Татьяна Викторовна,
КАЗЕЕВ Камиль Шагидуллович,
КОЛЕСНИКОВ Сергей Ильич,
КУЗНЕЦОВ Роман Владимирович

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Редактор *Л. Г. Зайцева*
Корректоры *Г. А. Бибикова, М. Т. Тумина*
Технический редактор *Д. В. Свавицкая*
Компьютерная верстка *В. В. Шестунов*
Дизайн обложки *О. В. Чурбанова*

Лицензия ЛР № 65-41 от 01.09.99

Подписано в печать 11.08.2008.
Формат 60x84$^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,18. Уч.-изд. л. 20,70.
Тираж 500 экз. Заказ № 88.

Издательство Южного федерального университета.
344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 160.
Тел.: (863) 264-00-19

Отпечатано в типографии ЮФУ.
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1.