

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

Б. И. СТРОГОНОВ

РАСТЕНИЯ
И ЗАСОЛЕННЫЕ
ПОЧВЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

Б. П. СТРОГОНОВ

РАСТЕНИЯ
И ЗАСОЛЕННЫЕ
ПОЧВЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва—1958

В книге кратко сообщается о современном состоянии проблемы освоения засоленных почв. Рассказывается о происхождении и распространении засоленных почв, о мерах борьбы с засолением, об особенностях произрастания растений на этих почвах, а также о методах оценки солеустойчивости растений и путях ее повышения.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Е. И. РАТНЕР

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Засоленные почвы занимают на территории Советского Союза огромные пространства, составляя значительную часть земельного фонда в таких важнейших сельскохозяйственных районах, как, например, районы хлопководства. За годы Советской власти многие десятки тысяч гектаров бесплодных солончаков подвергнуты у нас коренной мелиорации и введены в культуру. Сборы хлопка с этих мелиорированных земель составляют немалую долю в общем балансе советского хлопководства.

Мелиорация засоленных почв путем их промывки в целях удаления избытка легкорастворимых солей была и остается основным и наиболее радикальным средством успешного вовлечения этих почв в культуру. Однако и на мелиорированных землях отрицательное действие солей на растения отнюдь не всегда снимается полностью. По разным причинам оно и здесь дает о себе часто знать, привлекая все больше внимания и людей науки, и людей практики к вопросам солестойкости растений.

В настоящее время вряд ли можно сомневаться в том, что задача полноценного использования засоленных почв должна решаться совокупным влиянием и на почву, и на растение, т. е. сочетанием агромелиоративных мероприятий с агротехническими и агробиологическими, включая и такие, которые имеют дело с непосредственным воздействием на само растение в целях повышения его солестойкости.

Освещению второй части этой задачи и посвящена главным образом предлагаемая вниманию читателя книга Б. П. Строгонова. Автор ее — известный специалист в области физиологии растений, произрастающих на засоленных почвах. В своей книге он широко использовал и свой личный опыт, полученный в течение многих лет исследовательской работы на засоленных почвах, и богатый фактический материал, имеющийся в работах других советских и зарубежных исследователей.

Можно надеяться, что книга эта, рассчитанная на широкий круг читателей, главным образом практических работников и специалистов сельского хозяйства, принесет свою пользу, содействуя распространению современных научных данных о физиологической природе воздействия различных солей на сельскохозяйственные растения, о методах диагностики солестойкости растений и о путях ее повышения.

Е. И. Ратнер

Глава I

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

Почвообразовательные процессы в засушливых областях нашей страны способствовали накоплению в почве легкорастворимых, вредных для растений солей. Эти почвы получили название засоленных почв и солончаков, а самый процесс накопления солей — засоления. При этом в почве накапливается большое количество солей, достигающее при сильном засолении до 6—7%.

В процессе засоления в почве накапливаются самые разнообразные соли, представляющие собой различные соединения трех катионов Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} и четырех анионов Cl^- , SO_4^{--} , CO_3^{--} , HCO_3^- . Эти ионы в результате сложных и разнообразных реакций, происходящих в почвенном растворе, образуют соли: NaCl (поваренная соль), Na_2SO_4 (глауберова соль), Na_2CO_3 (сода нормальная), NaHCO_3 (двууглекислая сода), MgCl_2 (хлористый магний), MgSO_4 (горькая, или английская соль), MgCO_3 (углекислый магний), $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (двууглекислый магний), CaCl_2 (хлористый кальций), CaSO_4 (гипс), CaCO_3 (известь), $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (бикарбонат кальция).

Большое скопление солей в почве вызывает гибель культурных растений, что наносит значительный ущерб сельскому хозяйству. Но в то же время соли, применяемые в определенных пропорциях, приносят огромную пользу.

Среди солей есть совершенно безвредные, маловредные и очень вредные, оказывающие сильное ядовитое действие на растения. Но установить степень ядовитости солей очень трудно. Дело в том, что не все растения

страдают в равной мере от одной и той же соли. Тем не менее есть некоторая закономерность в ядовитом действии солей на растения. И если условно принять за единицу степень ядовитости сернокислого натрия (Na_2SO_4), то относительная степень ядовитости солей будет равняться для двууглекислой соды (NaHCO_3) — 3, сернокислого и хлористого магния (MgSO_4 , MgCl_2) — 3—5, хлористого натрия (NaCl) — 5—6 и углекислого натрия (Na_2CO_3) — 10. Иными словами, наименее ядовитой солью является сернокислый натрий, а наиболее — углекислый натрий.

Высокая степень ядовитости углекислого натрия объясняется тем, что эта соль, разлагаясь, дает едкий натрий (NaOH), который особенно сильно действует на растение. Поэтому на засоленных почвах преобладание углекислых солей натрия наиболее вредно сказывается на растениях.

Однако при наличии в почве углекислоты (CO_2), которая выделяется корнями и освобождается при разложении органических веществ, карбонат натрия переходит в менее вредную для растения соль — бикарбонат натрия. Менее вредное действие на растения оказывают также хлористые и сернокислые соли, причем хлористые соли в большинстве случаев являются более вредными для растений, чем сернокислые.

Накопление солей и их соотношение в природных растворах (почвенный раствор, грунтовые воды) зависят отчасти от степени их растворимости в воде (табл. 1).

Степень растворимости солей определяет передвижение их в почве как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях. В естественных условиях при медленном движении растворов увеличивается расход воды на испарение почвой, что ведет к повышению концентрации раствора и выпадению соли в осадок. Первыми переходят в осадок малорастворимые углекислые и двууглекислые соли кальция и магния, затем — сернокислый кальций (гипс). При очень большом сгущении раствора, когда полностью оседают углекислые соли кальция и магния, а также большая часть гипса, в осадок выпадает сернокислый натрий. При еще большем сгущении раствора в осадок выпадают сернокислый магний, затем хлористый натрий и уже после все остальные соли.

Таблица 1

Растворимость солей при 20°, в процентах

Название соли	Химическая формула	Растворимость
Карбонат натрия	Na_2CO_3	21,5
Бикарбонат натрия	NaHCO_3	9,6
Карбонат магния	MgCO_3	0,0106
Карбонат кальция	CaCO_3	0,0014
Хлористый натрий	NaCl	36,0
Хлористый магний	MgCl_2	54,5
Хлористый кальций	CaCl_2	74,5
Сульфат натрия	Na_2SO_4	19,4
Сульфат магния	MgSO_4	36,0
Сульфат кальция	CaSO_4	0,2

Однако растворимость солей в естественных растворах и перемещение их в почве зависят от многих причин. Так, например, карбонат кальция в чистой воде практически не растворяется, но в присутствии ионов Cl или CO_2 его растворимость сильно повышается. В природе хлористый натрий часто выпадает в осадок последним, по сравнению с другими солями, так как он почти одинаково хорошо растворим и в теплой и в холодной воде. Поэтому хлориды являются более подвижными, чем сульфаты или карбонаты. В обменных реакциях ионы хлора не теряют своей растворимости, тогда как ионы сульфатов образуют малорастворимые соли металлов.

В случае медленного перемещения грунтовых вод по уклону местности, при одновременном испарении их через почву, происходит частичное разделение солей. Наименее растворимые соли выпадают в осадок в начале своего пути, а наиболее растворимые — в конце.

Если уклон местности условно разделить на зоны, то последовательный порядок выпадения солей можно изобразить в виде схемы (рис. 1).

В результате концентрирования и перемещения солей в почве образуются зоны: 1) пресных вод (без выпадения солей); 2) жестких вод (в осадок частично переходит угле-

кислый кальций, затем гипс); 3) горьких вод (в осадке к вышеуказанным солям присоединяется часть сернокислых солей натрия и магния); 4) горько-соленых и соленых вод (в осадок начинают выпадать хлористые соли и в последнюю очередь — азотнокислые).

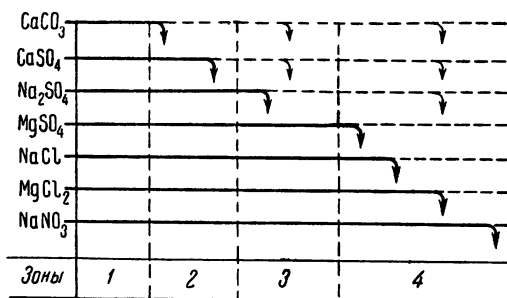


Рис. 1. Схема последовательности выпадения солей при испарении природных растворов (по Егорову, 1954). Стрелками показаны начало и последующий переход солей в осадок.

Соли вследствие различной растворимости в воде своеобразно распределяются в почве. При перемещении наземных и грунтовых соленосных вод по мере их испарения в осадок в первую очередь выпадают труднорастворимые соли, а затем уже легкорастворимые. Этим и объясняются значительно бóльшая засоленность почвы в пониженной бессточной местности и возникновение разнообразных типов засоления почвы.

2. ТИПЫ ЗАСОЛЕНИЯ

Засоления бывают карбонатные, хлоридные, сульфатные, сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные и смешанные. При карбонатном засолении в почве накапливаются главным образом углекислые (т. е. карбонатные) соли натрия. Хлоридное и сульфатное засоления вызываются преимущественно за счет накопления в почве хлористых и сернокислых солей. Смешанное засоление возникает, когда в почве накапливаются приблизительно в равном количестве хлористые и сернокислые соли. При сульфатно-хлоридном засолении в почве преобладают хло-

ристые соли, а при обратном соотношении этих солей образуется хлоридно-сульфатное засоление. Классификация солончаков дает представление о соотношении анионов солей при различных типах засоления почвы (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение Cl' и SO_4'' при различных типах засоления

(по Е. Н. Ивановой и А. Н. Розанову, 1939)

Тип засоления солончаков	Отношение ионов Cl к SO_4 ($\frac{\text{Cl}}{\text{SO}_4}$)
Хлоридный	Больше 2
Сульфатно-хлоридный . .	Равно 1—2
Хлоридно-сульфатный . . .	» 0,2—1
Сульфатный	Меньше 0,2

При большом скоплении солей в почве тип засоления можно определить даже «на вкус». При преобладании в почве хлористых солей, особенно хлористого натрия (поваренная соль), явно ощущается соленый привкус. Повышенное содержание сернокислых солей, главным образом сернокислого магния (английская соль), дает солоно-горький, вяжущий привкус.

Засоление с преобладанием хлористых солей чаще всего встречается в пониженных местах, куда соли выносятся с вышележащих участков. Накопление сульфатных солей в почве очень распространено. Значительное скопление их делает почву рыхлой, сухой и пылевой. На культурных почвах и на землях при глубоком залегании грунтовых вод соли распределяются более или менее равномерно, на сильнозасоленных и переложных землях — неравномерно. В последнем случае наиболее сильное обогащение солями происходит в верхнем 5—10-сантиметровом слое.

Корни культурных растений обычно располагаются в верхнем двухметровом слое почвы. Основная же масса деятельных корней находится в верхнем метровом слое, поэтому содержание солей в этом слое служит

показателем вредного влияния засоленности почвы на растения.

Нередко, стремясь более подробно характеризовать степень засоленности почвы, содержание солей определяют и по горизонтам. При этом с целью характеристики разноразнокачественности и степени засоления часто ограничиваются определением количества Cl' , SO_4'' и общего содержания солей (сухой или плотный остаток) в водной вытяжке почвы. Количества Cl' , SO_4'' и плотного остатка, выраженные в процентах на абсолютно-сухую почву, характеризуют степень и качество засоления.

Все почвы, подвергающиеся засолению, разделяются на три большие группы: солончаки (солончаковые и солончаковатые почвы), солонцы и такыры. На солончаковых почвах соли накапливаются в верхних слоях и нередко на их поверхности, а на солончаковатых — в большей мере в подпахотном слое. Характерная особенность солонцов — наличие в почве обменного натрия, что делает почву бесструктурной и чрезмерно вязкой. В этих почвах нередко образуется и сода (NaCO_3 и NaHCO_3), ядовитая для растений. Почвы такыров представляют собой ровную твердую поверхность. Они характеризуются тяжелым механическим составом, плохой водопроницаемостью, щелочностью и нередко относительно высоким содержанием солей в подпочве.

3. СОЛОНЧАКИ И СОЛОНЧАКОВЫЕ ПОЧВЫ

Степень засоления почвы во многом зависит от почвенно-климатических условий и рельефа местности. Почвы могут быть слабо-, средне- и сильнозасоленными. Сильнозасоленными почвами являются солончаки, на которых нельзя выращивать культурные растения.

Однако в настоящее время еще нет единого мнения, при каком содержании солей почву следует называть солончаком. Одни ученые называют солончаком почву, в метровом слое которой общее содержание солей достигает 2%, другие при 1%-ном содержании солей уже называют почву солончаком. Вследствие этого изменяется и классификация степеней засоленности почвы (табл. 3).

Солончаки по внешнему виду разделяются на мокрые, пухлые и черные. Мокрые солончаки имеют на поверхности темную твердую корочку, под ней находится слой

Таблица 3

*Классификация засоленности почв по содержанию солей
(в г на 100 г почвы)*

Степень засоления	Классификация	
	первая	вторая
Незасоленные	Менее 0,1	Менее 0,1
Очень слабо засоленные . .	0,20—0,25	0,20—0,25
Слабозасоленные	0,25—0,5	0,25—0,5
Среднезасоленные	0,5—0,7	0,5—1,0
Сильнозасоленные (солончак)	0,7—1,0	1,0—2,0

сильноувлажненной почвы. Повышенная влажность этого слоя объясняется большим скоплением хлористого кальция и магния, которые в силу большой гигроскопичности (поглощение водяных паров) обогащают почву водой.

Пухлые солончаки характеризуются большим содержанием сернокислого натрия, вследствие чего верхний слой их на 5—7 см становится рыхлым и пушистым. В черных солончаках содержится большое количество соды, которая растворяет органические вещества, находящиеся в почве. В результате плохой водопроницаемости почвы после полива или дождя на ее поверхности образуются лужи кофейно-бурого цвета.

Для определения степени засоленности почвы могут служить такие внешние показатели, как интенсивность выцветания солей на поверхности почвы в виде налетов, корочек и кристаллов, видовой состав дикой растительности и состояние культурных растений. Нередко эти показатели используются для предварительной оценки засоленности почвы и являются дополнительным материалом к ее химической характеристике. Так, например, по составу дикой растительности можно относительно точно определить степень засоленности почвы. Для этой цели используют специально разработанную пятибалльную шкалу, где содержание хлора в метровом слое почвы и виды растительности соответствуют определенному баллу.

Следовательно, и виды растений являются своеобразным показателем степени засоленности почвы (табл. 4).

Таблица 4

Содержание солей в почве и солеустойчивость дикорастущих растений
(по Б. В. Федорову, 1950)

Степень засоления почвы	Балл засоления	Количество хлора в почве, %	Виды растений
Очень слабая . . .	1	0,01—0,04	Пальчатка, донник белый
Слабая	2	0,04—0,10	Карелиния, лебеда солончаковая
Средняя	3	0,10—0,20	Кермек, кохия, полынь приморская
Сильная	4	0,20—0,30	Сведа, петросимония
Очень сильная . .	5	0,30—0,40 и больше	Солянка, кошачья лапка, солерос

4. ПЕРВИЧНОЕ ЗАСОЛЕНИЕ

В настоящее время различают первичное и вторичное засоление почвы. При первичном засолении распределение солей в почве происходит в результате самых разнообразных процессов. Соли могут накапливаться в процессе выветривания минералов, из которых состоят горные породы, выбрасываться при вулканических извержениях или откладываться на дне высыхающих водоемов. В процесс соленакопления включаются и те соли, которые освобождаются при распаде отмерших растений и павших животных. Кроме того, они поступают в почву в виде солевой пыли, переносимой при помощи ветра с одной части суши на другую. Вторичное засоление почвы возникает главным образом в орошаемых районах в результате избыточных поливов, которые повышают уровень соленых грунтовых вод.

В районах с большим количеством атмосферных осадков соли обычно вымываются в нижележащие слои почвы и уносятся подпочвенными грунтовыми водами в более низкие места, в моря или океаны. Грунтовые воды при

хорошей водопроницаемости грунтов и глубоко залегающих водоупорных пластов передвигаются вниз по уклону, унося с собой и соли. Если грунтовые воды залегают глубоко и не могут подняться вместе с солями до корнеобитаемой зоны, то засоления почвы не возникает.

Однако в районах с недостаточным количеством атмосферных осадков соли не вымываются в нижележащие слои и могут накапливаться на ее поверхности. В пониженных, равнинных районах легкорастворимые соли накапливаются не только в верхних слоях почвы, но и в подпочвенных грунтовых водах. Поэтому значительное превышение расхода воды над ее поступлением и затрудненность стока наземных и подземных вод являются основной причиной возникновения засоления почвы. Вследствие этого засоление почвы наиболее широко распространено в полупустынях и пустынях (табл. 5).

Характерны для этих мест длительный безморозный период, высокая температура и очень небольшое количество атмосферных осадков. Эти климатические особенности создают условия для интенсивного расхода воды почвой и растениями. Вода в виде атмосферных осадков далеко не покрывает здесь всего расхода, поэтому происходит подтягивание воды из нижележащих соленых слоев. Вместе с водой двигаются и растворенные в ней соли, но вода испаряется, а соли, выпадая в осадок, скапливаются на поверхности почвы.

Наиболее сильное засоление почвы происходит в больших межгорных котлованах и недостаточно дренированных равнинах. В этих местах нередко образуются озера с самосадочной солью, где обычно организуется добыча главным образом поваренной соли. Почва вокруг озер покрывается белоснежным, ослепительным налетом соли. В степях и пустынях нередко возникают смерчи и ураганы из мелкой солянопочвенной пыли и огромное количество солей переносится с одних мест в другие. Естественно, что при таком избытке солей не растут даже галофиты, т. е. растения, приуроченные к сильнозасоленным почвам. Однако площадь таких бесплодных почв сравнительно невелика. Основная же территория засоленных почв может быть освоена под сельскохозяйственные культуры благодаря применению мелиоративных и агротехнических мероприятий.

Важнейшие климатические показатели для географических зон СССР, имеющих засоленные почвы
(по В. В. Егорову, 1954)

Зона	Степень распространения засоленных почв	Средняя температура, °C		Продолжи- тельность безморозного периода, дней	Сумма атмо- сферных осад- ков за год, мм	Относительная влажность воздуха днем в течение месяца сухого периода	Испаряемость за год, мм
		годовая	июля				
Лесо- степи Степи Полу- пустыни	Встречаются очень редко	3—5	20—22	120—150	350—500	40—45	500—800
	Засоленных почв мало	5—10	20—25	150—180	300—450	35—45	800—1000
	Очень большая (засо- ленных почв больше, чем незасоленных)	10—12	24—26	180—200	200—300	20—30	1000—1500
	Большая, за исключе- нием песчаных пус- тынь	15—18	26—30	200—240	80—200	20 и меньше	2000—2500

В Советском Союзе значительную площадь занимают засоленные почвы. Подсчеты академика Л. И. Прасолова (1931) показывают, что в пределах Советского Союза площадь различно засоленных земель достигает 10% всей поверхности суши (Ковда, 1937). Засоленные почвы распространены главным образом в среднеазиатских республиках, в Закавказье, на юге-востоке Европейской части СССР, в степных и полустепных районах Сибири (рис. 2).

Так, например, по данным Б. В. Федорова (1954), 65% орошаемых земель республик Средней Азии и Южного Казахстана в той или иной степени подвержено засолению и заболачиванию. Засоленные почвы по республикам распределены крайне неравномерно: в Туркмении 89%, в Узбекистане 70%, Казахстане 65%, Таджикистане 30%, в Киргизии 25%.

Засоленные почвы встречаются на территории Советского Союза от Якутии до пустынь Средней Азии. Солончаки встречаются и среди песков Кара-Кума.

5. ПРОВИНЦИИ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ

Многолетнее изучение засоленных почв позволило В. А. Ковда (1946) выделить на территории Советского Союза несколько так называемых провинций соленакопления. Каждая провинция отличается от другой прежде всего по составу солей в почве.

Провинция хлоридного засоления охватывает наиболее жаркие и засушливые части полупустынь и пустынь Прикаспия (Кура-Араксинская и Терско-Сулакская низменности, низовья Волго-Урало-Эмбинского междуречья, юго-западная низменная часть Туркмении). Большая часть почв в этих районах засолена. Процесс засоления идет главным образом за счет накопления хлористых солей натрия (NaCl) и магния (MgCl_2). В верхних слоях солончаков (10—20 см) скапливается огромное количество солей, иногда до 50—70%. В грунтовых водах этих мест содержание солей доходит до 100—150 г на литр. Здесь нередко встречаются и соленые озера с самосадочной солью. В литре воды этих озер содержится 300—400 г солей. Даже в некоторых реках тех мест содержание солей достигает 20 г на литр, такая вода не пригодна для питья.

Провинция сульфатно-хлоридного засоления охватывает сравнительно приподнятую территорию полупустынь и пустынь. К ней относятся Туранская, Балхашская и Зайсанская низменности, более северные районы по Манычу, местами по Черноморью, а также низовья Волги, Урала и Эмбы. В этих местах хлориды слегка преобладают над сульфатами и в почве накапливаются главным образом менее вредные соли.

Провинция хлоридно-сульфатного засоления совпадает с районами полупустынь и сухих степей юго-востока СССР. Сюда же входят территории левобережья нижнего Дона, низовья Волги, Южное Приуралье, районы Центрального Казахстана. В Средней Азии к этой провинции относятся Ферганская долина, низовья рек Зеравшана и Аму-Дарьи. Провинции характеризуются преобладанием в почве сернокислых солей. В верхних горизонтах солончаков содержание солей не превышает 5—8%, а в нижних не больше 1—1,5%. Грунтовые воды под солончаками содержат солей не более 100—150 г на литр. В этой провинции насчитывается и небольшое число соленых озер.

Провинция сульфатно-содового засоления. К ней относятся отдельные места на Украине, в степных областях Европейской части СССР, по Средней Волге, в Западной и Восточной Сибири и в Якутии. В почвах провинции преобладающей солью является углекислый натрий. На территории провинции имеется и значительная площадь солонцов.

Засоление наиболее широко распространено там, где возделываются разнообразные злаки, хлопчатник, свекла, плодово-ягодные, бахчевые и овощные культуры. Засоленность почвы приводит ежегодно к потерям многих тысяч тонн зерна, хлопка-сырца, фруктов, овощей и другой сельскохозяйственной продукции. Как указывает В. А. Ковда и др. (1956), в районах Узбекской ССР, не имеющих засоленных земель, урожай хлопчатника достигает 35—37 ц/га, тогда как в районах с засоленными почвами он держится на уровне 6,3—9—11 ц/га.

При выращивании растений на засоленных почвах требуются дополнительные средства и затраты труда на промывку почвы, на прокладку и очистку коллекторной и дренажной сети и другие агромелиоративные мероприятия.

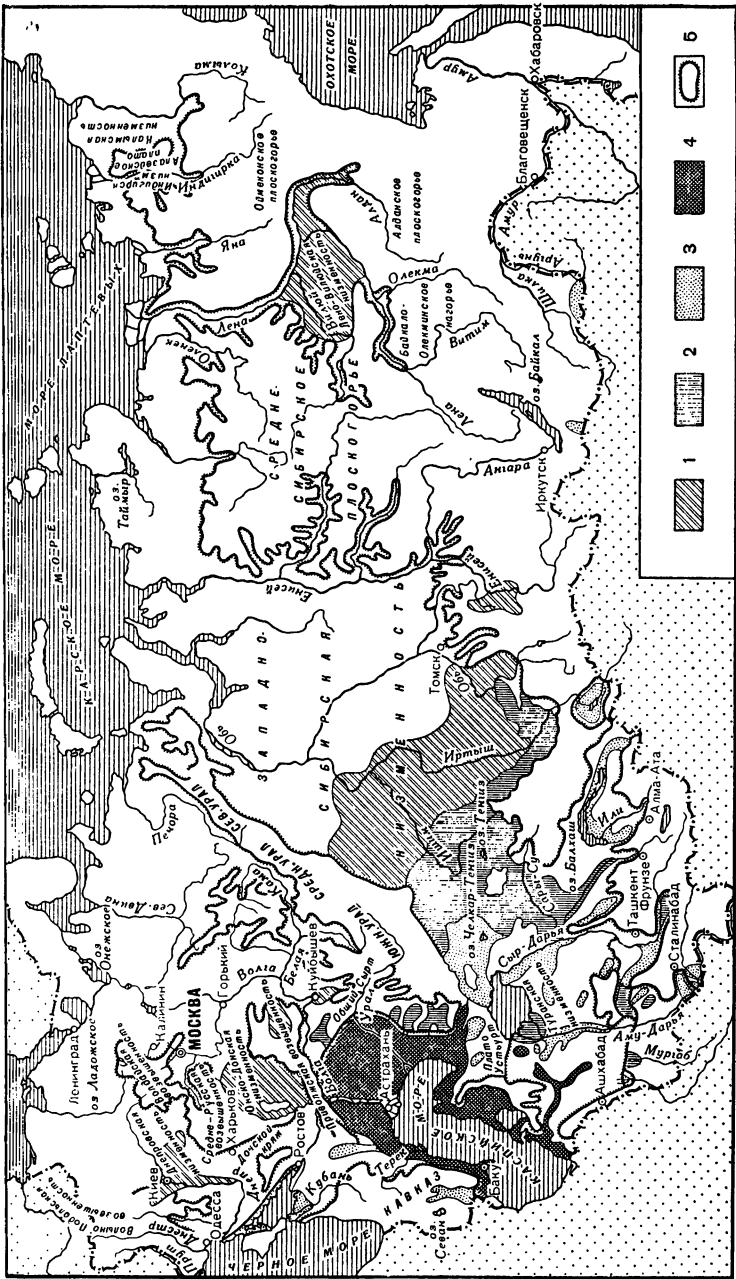


Рис. 2 Схема современных процессов соленакопления в почвах СССР (составлена В. А. Ковдой)

Провинции соленакопления: 1 — хлоридно-сульфатного, 2 — сульфатно-сульфатного, 3 — сульфатно-хлоридного и 4 — хлоридного, 5 — контуры возвышенностей.

В степях и пустынях засоление почвы ухудшает пастбища и затрудняет водоснабжение, что отрицательно сказывается на развитии животноводства. Кроме того, засоленность почвы является серьезным препятствием для широкого освоения новых земель.

Все это наносит огромный ущерб нашему сельскому хозяйству, особенно в районах орошаемого земледелия.

6. ВТОРИЧНОЕ ЗАСОЛЕНИЕ

Непосредственным источником вторичного засоления являются находящиеся близко от поверхности солевые грунтовые воды и большое количество солей в подпочве. Причины возникновения вторичного засоления сложны и многообразны. Неблагоприятные климатические условия — чрезмерный нагрев почвы, сильные иссушающие ветры, большая сухость воздуха — способствуют возникновению подобного вида засоления.

При вторичном засолении большое значение имеют структурность почвы и степень ее капиллярности. Бесструктурная почва слабо удерживает воду. После полива около 70—80% воды быстро испаряется, а соли остаются в верхних слоях почвы, и наоборот: почва с мелкокомковатой структурой прочно удерживает воду. При наличии хорошо выраженной структуры испарение воды идет лишь с верхнего (в несколько сантиметров) слоя почвы и количество испаряемой воды после полива составляет лишь около 20%. Это резко снижает интенсивность накопления солей. Поднятие грунтовых вод на поверхность почвы может идти с большой скоростью с глубины 1,5—2 м и с значительно меньшей скоростью с глубины 3—4 м. Принято считать, что высота максимального капиллярного поднятия воды в почвах обычно не превышает 5—6 м.

Возникновению вторичного засоления почвы способствует неправильное использование воды при орошении. Избыточное увлажнение почвы и близкое залегание соленосных грунтовых вод приводит к созданию условий для вторичного засоления. Поливная вода в большем количестве, чем нужно для растений, просачиваясь вниз, достигает уровня соленой грунтовой воды и смыкается с ней. Грунтовая вода, поднимаясь к поверхности, испаряется, а соли, находящиеся в ней, выпадают в осадок и накапли-

ваются в почве. Чем сильнее избыточное увлажнение почвы и чем выше уровень соленых грунтовых вод, тем больше предпосылок к возникновению вторичного засоления.

Возникновению вторичного засоления способствует и неправильно применяемая агротехника. В частности, плохо спланированное поле при близком залегании соленых грунтовых вод является одной из причин возникновения солончаковых пятен. На возвышениях и бугорках поля наблюдается резкое повышение испарения воды. В силу этого по капиллярам, как по фитилю, вместе с водой поднимаются и соли. По мере испарения воды соли выпадают в осадок и накапливаются в почве.

Сильное влияние на процесс соленаккумуляции оказывает и несвоевременная обработка почвы. Так, например, задержка с рыхлением всего лишь на три дня приводит к потере почвенной влаги до 50% и на место пресной воды в почву поступает снизу соленая.

Вторичное засоление наносило огромный ущерб земледелию, особенно в дореволюционный период, при освоении новых орошаемых земель. Хищническое использование плодородных земель и воды приводило к возникновению вторичного засоления почвы. К примеру, в Голодной и Муганской степях вследствие неправильного орошения и прогрессирующего засоления появились огромные площади засоленных почв, которые частично сохранились и до настоящего времени.

К сожалению, и сейчас неумелое использование воды нередко приводит к засолению почвы. Несоблюдение агротехнических мероприятий и правил водопользования на почвах, склонных к засолению, способствует возникновению так называемого пятнистого засоления. Подобное засоление часто встречается в орошаемых районах хлопкосеяния, где на одном и том же поле наблюдаются разнообразная степень засолённости почвы и солончаковые пятна. Пятнистое засоление широко распространено в ряде районов, где оно занимает до 15—20% посевной площади (Ковда, 1946).

Пятнистое засоление часто возникает там, где на поверхности почвы имеются приподнятые, взбугренные участки высотой 8—20 см. До освоения таких земель талые и дождевые воды стекали со взбугренных мест на ровные участки и проникали вниз; при этом грунтовые воды

опреснялись, уровень их повышался, на взбугренных участках поливная вода не достигала грунтовых вод, запас которых не пополнялся, и они не опреснялись. По мере испарения поднявшихся к поверхности почвы грунтовых вод ровные участки практически не засолялись, тогда как на взбугренных соли выпадали в осадок и таким образом возникали пятна засоления.

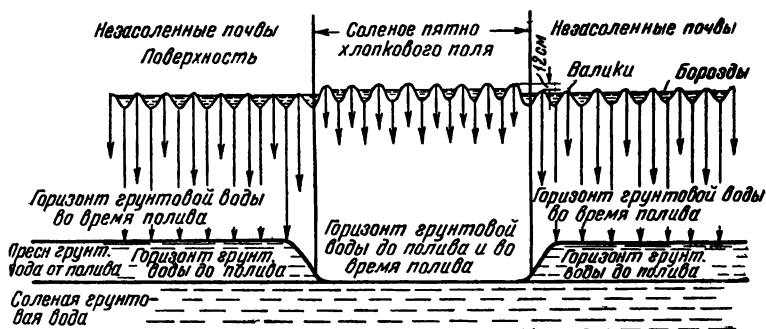


Рис. 3. Положение горизонта грунтовых вод до полива (по Мавлянову и Слядневу, 1950).

Вследствие нагрева почвы на ровных участках поля испаряется пресная грунтовая вода, не вызывающая засоления почвы, тогда как на взбугренных участках испарение соленой грунтовой воды влечет за собой сильное засоление почвы.

На освоенных орошаемых землях закономерность движения воды и солей практически не изменяется.

В условиях орошения уровень грунтовых вод до полива изменяется в зависимости от выравнинности участков; на засоленном пятне уровень несколько ниже, чем на ровных участках. После полива уровень грунтовых вод на всех участках выравнивается (рис. 3, 4).

Широкое распространение вторичного засоления почв в капиталистических странах дало повод некоторым буржуазным ученым заявить, что вторичное засоление в южных районах является неизбежным спутником орошения. Но прогрессивные зарубежные ученые утверждают, что правильное орошение является средством борьбы с засолением.

Советские ученые доказали на практике, что путем применения соответствующего комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий и правильного использо-

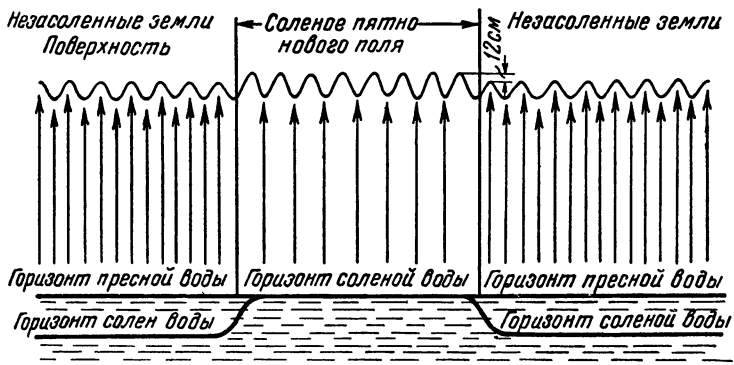


Рис. 4. Положение горизонта грунтовых вод после полива (по Мавлянову и Слядневу, 1950).

вания воды при орошении можно успешно вести борьбу с засолением почвы. Цветущие среди пустынь оазисы ярко свидетельствуют об успехах борьбы с засолением.

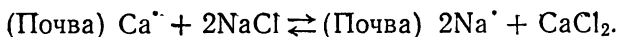
7. СОЛОНЦЫ И СОЛОНЦЕВАТЫЕ ПОЧВЫ

Солонцы и солонцеватые почвы широко распространены в степных районах и полупустынях. Наиболее часто они встречаются в зоне сухих степей с каштановыми и бурыми почвами. Солонцы можно обнаружить и в зоне черноземных почв. Общая площадь солонцов на территории Советского Союза достигает 40 млн. га.

Характерная особенность солонцов — наличие в коллоидной части почвы обменного натрия, который находится там в поглощенном состоянии.

Как известно, почва обладает свойством поглощать и удерживать в себе разнообразные находящиеся в ней вещества. Поглотительная способность почвы проявляется в отношении многих веществ и газов, в том числе солей и отдельных ионов (катионов и анионов), благодаря

наличию в ней частиц размером меньше 0,001 мм (органоминеральные коллоиды). Эта часть почвы получила название поглощающего комплекса почвы. В нем обычно имеются Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , H^+ и небольшое количество K^+ , а иногда и NH_4^+ . В природных условиях происходит взаимный обмен между катионами поглощающего комплекса и почвенного раствора. Обмен происходит быстро и в эквивалентных количествах; этот процесс обычно бывает обратимым. Например, если на почву, насыщенную кальцием, подействовать раствором хлористого натрия, то произойдет обменная реакция — поглощенный кальций перейдет в раствор, а место на поверхности частиц почвы займут ионы натрия. Эту обменную реакцию можно представить в виде схемы



Подобные реакции происходят и в природных условиях, причем обменная способность почвы может проявляться как в отношении катионов, так и анионов.

Катионы поглощающего комплекса, способные к обменным реакциям, обычно называют «поглощенными» или «обменными», а общее количество катионов, поглощенное 100 г почвы, получило название емкость поглощения почвы.

При переходе натрия из поглощающего комплекса в почвенный раствор создается сильнощелочная реакция и образуется очень вредная для растений сода. Кроме того, в присутствии натрия ухудшаются физические свойства почвы и она становится бесструктурной и чрезмерно вязкой.

Поскольку обменный натрий легко вытесняется из почвенного поглощающего комплекса катионами других солей, в частности кальцием, его можно удалить из почвы при помощи воды.

По содержанию поглощенного натрия почвы подразделяются на слабо-, средне-, сильносолонцеватые и солонцы.

Солонцы характеризуются следующим образом. Верхний слой почвы (горизонт А) мощностью в несколько сантиметров имеет серый или белесый цвет; почвенная структура обычно непрочная, листоватой или чешуйчатой формы, почва малоплодородна. Ниже следует солонцо-

вый слой (горизонт В) серо-бурого, темно-коричневого или черного цвета; он обогащен питательными солями фосфора, азота и калия; почвы малоплодородны из-за плохих физических свойств и повышенной щелочности.

При влажном состоянии почва этого горизонта липкая и вязкая, а при высыхании, сжимаясь и трескаясь, образует твердые, как камень, глыбы и столбики, отчего этот слой почвы получил название столбчатого горизонта. Именно этот горизонт и определяет все основные отрицательные свойства солонца. Он мало доступен для корней растений, и нередко его называют «могилой для корней». Под столбчатым горизонтом располагается менее плотный горизонт, характеризующийся «ореховатой» или глыбисто-комковатой структурой. Кроме того, в солонцовых почвах, в пределах корнеобитаемой зоны, залегают вредные для растений солевые горизонты.

В зависимости от мощности горизонта А солонцовые почвы разделяются на три группы: корковые, средне-столбчатые и глубокостолбчатые солонцы.

Накопление солей в солонцах по горизонтам идет неравномерно. Корковые солонцы обычно засолены почти с поверхности почвы, тогда как на глубокостолбчатых солонцах скопление солей наблюдается на глубине 80—100 см. По составу солей солонцы могут быть содовыми, хлоридными, сульфатными, гипсовыми и смешанными.

Из-за плохих агрофизических свойств, а часто также и сильно щелочной реакции почвенного раствора солонцы относят к низкоплодородным почвам. Урожай сельскохозяйственных культур на малоплодородных солонцах, например корковых, настолько низкий, что значительная площадь подобных почв не используется в сельском хозяйстве. Однако при применении мелиорации и соответствующих агроприемов солонцы могут стать полноценными почвами, на которых можно будет получать удовлетворительные урожаи.

Глава II

ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ

1. ДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ НА РАСТЕНИЯ

Растения по их отношению к засоленности почвы разделяются на две основные группы: галофиты и гликофиты. Согласно определению П. А. Генкеля (1954), «галофитами называются растения засоленных местообитаний, легко приспосабливающиеся в процессе своего онтогенеза к высокому содержанию солей в почве благодаря наличию признаков и свойств, возникших в процессе эволюции под влиянием условий существования. Гликофитами называются растения пресных местообитаний, обладающие сравнительно ограниченной способностью приспосабливаться к засолению в процессе индивидуального развития, так как условия их существования в процессе эволюции не благоприятствовали возникновению данного свойства».

Жизнь растений на засоленных почвах протекает весьма своеобразно. Скопление даже безвредных солей, повышая осмотическое давление почвенного раствора, нередко приводит почвы к физиологической сухости и вследствие этого затрудняет водоснабжение растений. В данном случае наблюдается такое явление, когда при достаточной влажности почвы растение не в состоянии полностью обеспечить себя водой.

Как показали исследования В. С. Шардакова (1953), водоудерживающая сила засоленной почвы изменяется от содержания в ней как солей, так и воды (табл. 6).

Чрезмерное скопление солей в почве может вызвать солевое отравление и гибель растений (рис. 5).

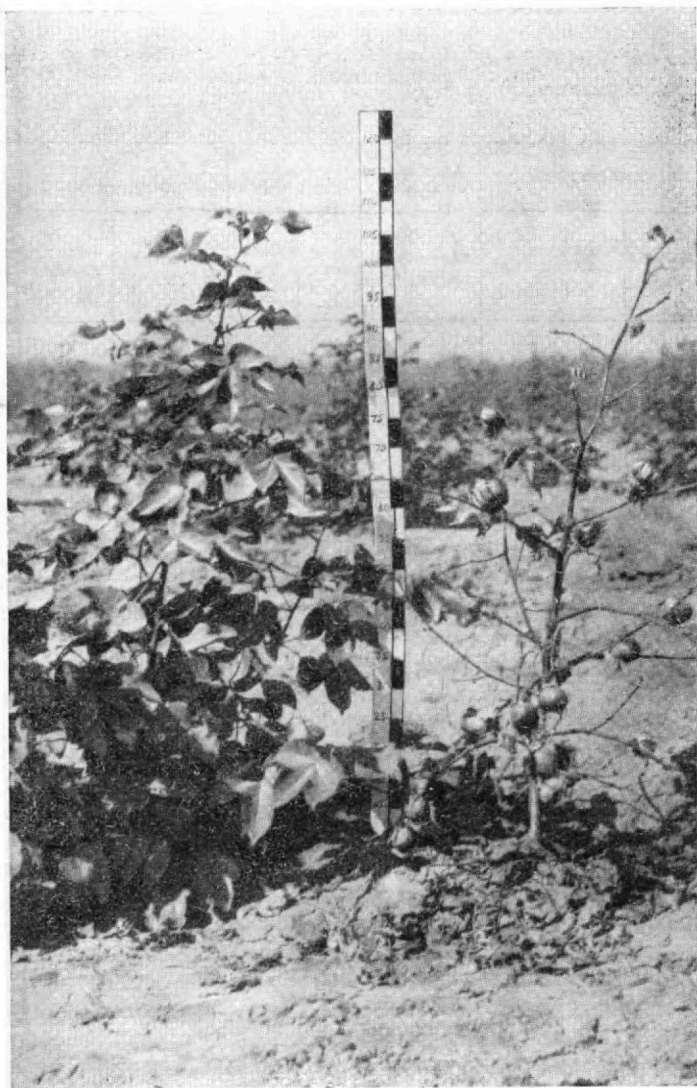


Рис. 5. Кусты хлопчатника на солончаковом пятне хлопкового поля: слева — неотравленное, справа — отравленное растение (по Строгонову, Иваницкой и Черняевой, 1956).

Таблица 6

*Изменения водоудерживающей силы почвы в зависимости
от содержания солей и влажности*

(по В. С. Шардакову, 1953)

Незасоленная почва		Слабозасоленная почва, содержащая 0,55% солей		Сильнозасоленная почва, содержащая 2,13% солей	
влажность почвы, %	водоудержи- вающая сила, атм	влажность почвы, %	водоудержи- вающая сила, атм	влажность почвы, %	водоудержи- вающая сила, атм
9,4	20	9,3	35	9,9	143
12,2	10	12,4	26	13,3	59
18,3	2	18,6	18	19,6	30
—	—	24,8	11	25,8	17

В этом случае проявляется непосредственное ядовитое или, как говорят, токсическое действие солей на растение.

Таким образом, действие солей на растение двойственно по своей природе. С одной стороны, скопление солей в почве, повышая осмотическое давление почвенного раствора, сильно снижает доступность воды для корней, а с другой — некоторые соли действуют на растение как специфические яды. В естественных условиях то и другое действие трудно разграничить, так как оно изменяется в зависимости от соотношения солей в почве и реакции растений на засоление.

Специальные исследования показывают, что соли, ядовитые в чистых растворах, в смесях менее вредны для растений. Две соли, ядовитые порознь, при той же концентрации нередко оказываются более или менее безвредными в смесях. Наблюдаемое явление объясняется тем, что соли в смесях взаимно нейтрализуют свое вредное действие на растение. Опыты показывают, что смесь, по соотношению солей приблизительно соответствующая морской воде, наименее вредна не только для морских, но и для пресноводных организмов. Такое соотношение солей называется уравновешенным, а явление взаимного уничтожения ядовитости солей получило название анта-

гонизма ионов. Смесь солей — «раствор Вант-Гоффа» — по сути дела представляет собою искусственную морскую воду. Этот раствор нередко используется при изучении сравнительного действия одностороннего и уравновешенного засоления на растительный организм.

Явление антагонизма солей имеет большое значение для жизнедеятельности растений на засоленных почвах. В этом убеждают нас опыты по выращиванию растений

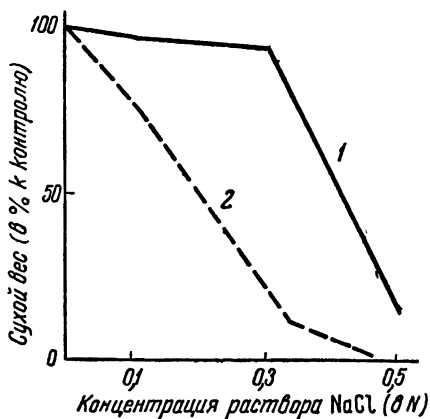


Рис. 6 Интенсивность накопления сухого вещества пшеницей при уравновешенном (1) и одностороннем (2) засолении (по Рихтеру, 1927).

на растворах с различным соотношением солей. Так, например, на растворе смеси Na_2CO_3 (0,0398%) + Na_2SO_4 (0,0710%) растение развивается относительно нормально, но при уменьшении концентрации Na_2SO_4 вдвое растения погибают (Коньков, 1948).

Опыты академика А. А. Рихтера (1927) показывают, что одностороннее засоление оказывает специфическое ядовитое действие не только на гликофиты, но и на такой типичный галофит, как солерос (рис. 6, 7).

Поэтому одностороннее накопление солей, определяющих тип засоления почвы, создает далеко не равноценные условия для роста растений. Вредность засоленной почвы

для растений возрастает, если какая-либо соль будет находиться в большем количестве, чем другие. Поэтому карбонатное и хлоридное засоления почвы более вредны для растений, чем сульфатно-хлоридное или хлоридно-сульфатное.

Обстоятельное исследование по токсичности солей для растительной клетки провел Кахо (Кахо, 1923, 1926, 1934). Он указывает, что проникновение солей в плазму растений является сложным физиологическим процессом.

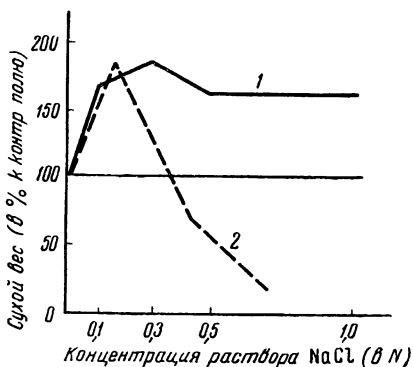


Рис. 7. Интенсивность накопления сухого вещества солеросом при уравнированном (1) и одностороннем (2) засолении (по Рихтеру, 1927).

Ионы солей, проникая в клетку, изменяют вязкость протоплазмы и состояние плазменных коллоидов. Эти изменения в первую очередь проявляются на поверхностных слоях плазмы, которые быстрее реагируют на действие ионов, чем ее внутренняя часть. По мнению Кахо, при восприятии солей клеткой исключительное значение имеют липоидные вещества поверхностного слоя протоплазмы. Обратимые изменения коллоидального состояния этих веществ под влиянием ионов солей имеют решающее значение для скорости поступления каждой нейтральной соли в клетку.

Ионы, проникающие в клетку, оказывают специфическое действие. Катионы, обладающие свойством коагулировать (свертывать) биокolloиды плазмы, вызывают

снижение проницаемости протоплазмы для солей. Анионы солей действуют в обратном направлении на плазменные коллоиды и приводят к повышенной проницаемости протоплазмы для этих веществ. Ядовитость солей находится в прямой зависимости от способности их проникновения в плазму клеток. Соли, легко проникающие и быстро накапливающиеся в растительной клетке, более ядовиты для растительного организма.

Токсичность солей в значительной мере зависит и от температурных условий внешней среды. Исследованиями Кахо (Каһо, 1926) было установлено, что токсическое действие солей на растительную клетку с повышением температуры (от 0 до 36°) неизменно повышалось. На возрастание токсичности солей при повышении температуры указывает в своей работе и Л. И. Сергеев (1936а).

Соответствующие данные показывают, что поступление солей в растение регулируется проницаемостью протоплазмы. Как указывает А. А. Рихтер (1927), непроницаемость клеток корней, определяющая солестойкость растения, удерживается до определенного предела концентрации, после чего наблюдается своеобразный «прорыв» солей, отравляющих, а порой и приводящих к гибели растительный организм. П. А. Генкель с сотрудниками (1944) указывают на то, что у растений при высокой концентрации солей повреждается плазма. В результате повреждения плазмы избирательное поступление солей сменяется пассивным, что и приводит к ненормально высокому накоплению солей в органах растения.

Исследования Е. З. Окниной (1945, 1953) показали, что при повреждении плазмы солями неуравновешенного раствора наблюдается не только активное, но и пассивное поступление хлора в клетки. При повреждении плазмы пассивное поступление веществ в клетки идет даже и при сравнительно невысоком содержании солей в окружающем растворе.

При поступлении солей в растение имеет значение транспирационный ток, в большей или меньшей степени ускоряющий их поступление. Минеральные соли, как указывает Е. И. Ратнер (1945), поступают в растение не пассивно, с транспирационным током, поглощение их обусловлено внутренним состоянием организма, главным образом насыщенностью тканей минеральными элементами.

Он полагает, что движение минеральных веществ из корня в наземные органы растений при низкой насыщенности тканей этими веществами идет по флоэме, тогда как при высокой насыщенности минеральные вещества передвигаются по ксилеме с транспирационным током. Насыщение тканей растения в условиях засоления достигается очень быстро, и дальнейшее их поглощение определяется интенсивностью транспирации. Роль транспирационного тока возрастает тогда, когда корневая система из-за повреждения солями теряет свое регулирующее значение, и непитательные соли, увлекаемые транспирационным током, обильно накапливаются в органах растений.

На основании наших предварительных опытов можно предполагать, что передвижение ионов хлора из корня в надземные органы растения осуществляется преимущественно по ксилеме, тогда как ионы сульфата передвигаются и по ксилеме и по флоэме. Поступающие в избытке соли, накапливаясь в тканях, вызывают своеобразную «минерализацию» органов растений и обуславливают голодание в отношении необходимых питательных веществ (Ковда, 1947).

Действие высоких концентраций солей в растении сказывается прежде всего на корневой системе. Корни растений при избытке солей теряют свой тургор, отмирают и, ослизняясь, приобретают темную окраску. Позднее ядовитое действие солей проявляется на надземных органах растения (Гедройц, 1910). При повреждении корней в первую очередь страдают не эмбриональные ткани, а зоны наиболее интенсивного роста (зоны растяжения). Микроскопический анализ показывает мацерацию тканей и разбухание клеточных стенок с последующим разрушением самих клеток, вследствие чего ткань теряет свою форму, превращаясь в слизистую массу. Действие солей на корень и стебель проявляется по-разному: в корне повреждения распространяются с мест соприкосновения наружных тканей с солевым раствором к центру, а в стебле — с центральной части к периферии (Hansteen, 1910). У надземных органов растений вредное действие солей проявляется в угнетении роста, подвядании и скручивании листьев. При наиболее сильном отравлении листья растений желтеют, и на них появляются солевые пятна. В дальнейшем такие листья обычно опадают.

2. ГАЛОФИТЫ И ГЛИКОФИТЫ

Многочисленные и разносторонние исследования по физиологии галофитов и гликофитов показали, с одной стороны, некоторую общность путей их приспособления к засолению почвы, а с другой, некоторое различие.

Согласно представлению Б. А. Келлера (1951), приуроченность галофитов к засоленным почвам объясняется потребностью растений в солях, которая выработалась у них в процессе эволюции в условиях засоления. Наряду с этим П. А. Генкель и А. А. Шахов (1945) рассматривают благоприятные условия водного режима солончаков (близкое залегание грунтовых вод) как фактор, определяющий существование большинства галофитов на засоленных почвах. Иначе говоря, галофиты приурочены к засоленным влажным почвам. Высокая солеустойчивость галофитов — это приспособленность, возникшая в процессе онтогенеза и наследственно закрепленная.

Своеобразные условия засоленных почв накладывают своеобразный отпечаток на обмен веществ у галофитов. Обычно, интенсивность обмена веществ у этой группы растений понижается, а сам обмен становится более сбалансированным в отношении высокого содержания солей во внешней среде (Генкель, 1954). Наряду с этим гидрофильность коллоидов протоплазмы у галофитов заметно возрастает (Шахов, 1952, 1956). Повышение вязкости и снижение эластичности протоплазмы изменяет водный режим и засухоустойчивость галофитов. Наряду с возрастанием жароустойчивости у галофитов наблюдается снижение способности переносить обезвоживание (Генкель, 1954).

По мнению Генкеля (1954), Сергеева (1953), Шахова (1952, 1956) и Бурыгина (1952), культурные растения засоленных почв характеризуются, подобно галофитам, пониженным обменом веществ, который становится как бы более устойчивым и менее резко изменяется при возрастании степени засоления (Генкель, 1954). А. А. Шахов (1952, 1956) считает, что общность культурных растений и галофитов, произрастающих на засоленных почвах, обнаруживается в повышении гидрофильности коллоидов протоплазмы и в активности приспособительных реакций.

Некоторые исследователи рассматривают снижение обмена веществ как приспособительное свойство растений

к засолению и указывают на то, что подобные реакции растительных организмов наблюдаются не только при действии солей, но и при низких температурах. Л. И. Сергеев (1953) считает, что на ранних стадиях развития механизм устойчивости растений к различным обезвоживающим факторам внешней среды (засуха, низкие температуры, засоление) является единым для всех растений.

Галофиты и гликофиты встречаются среди как высших, так и низших растений. Однако в природе нет резкого деления растений на гликофиты и галофиты, так как существуют растения с промежуточными свойствами, которые называются факультативными галофитами. К ним, в частности, относится хлопчатник. Имеется множество наблюдений, подтверждающих различную солеустойчивость галофитов и гликофитов, которые свидетельствуют о разных степенях галофитизма и гликофитизма у растений.

Благодаря высокой приспособленности галофитов к солям, они могут расти на таких засоленных почвах, на которых невозможна жизнь гликофитов. Галофиты произрастают на почвах с количеством солей от 0,3 до 20%, но основная масса растений этой группы заселяет почвы с концентрацией солей от 2 до 6%.

Среди галофитов встречаются представители различных семейств растений; на засоленных почвах они образуют солончаковую растительность, характеризующуюся своеобразным морфолого-анатомическим обликом.

По Е. Вармингу (1902), для растений таких семейств, как Маревые (*Chenopodiaceae*), Аizoовые (*Aizoaceae*), Свинчатниковые (*Plumbaginaceae*), Портулаковые (*Portulacaceae*), Тамариковые (*Tamaricaceae*), Франкениевые (*Frankeniaceae*), относительно высокое содержание солей в почве — необходимое условие их роста и развития.

Галофиты хотя и могут развиваться на пресном фоне, все же лучше растут на почвах, засоленных до известного предела. Опыты показывают, что определенное содержание солей в почве создает лучшие условия для роста многих галофитов, в частности солероса (рис. 8). При этом внешний вид солероса, его окраска и анатомо-физиологические свойства подвергаются большому изменению.

Ярко выраженную приспособленность многих растений к засоленным почвам можно наблюдать и в естественных

условиях. В пустынях Казахстана и в Средней Азии произрастает растение саксаул (*Haloxylon*), что в переводе означает «соледрево». Самое название этого растения уже говорит о том, что оно приспособлено к засоленным почвам. В Аргентине имеются высокоценные деревья красного квебрахо с кроваво-красной, твердой древесиной, богатой дубильными веществами. Заросли красного квебрахо встречаются лишь в тех местах, где грунтовые воды

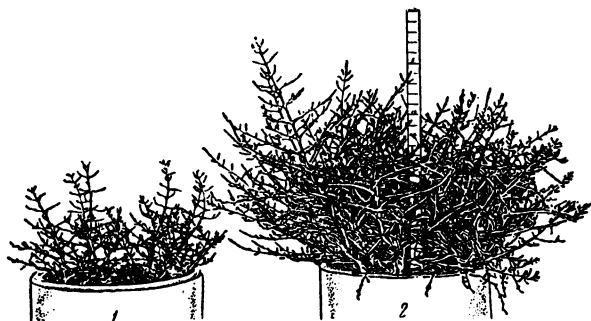


Рис. 8. Культура солероса:

1 — без засоления; 2 — со значительным засолением
(по Келлеру 1951).

сильно насыщены солями. В Китае обнаружены большие массивы лесов, состоящие из деревьев породы ризофора. Эти леса растут в мелководных морских заливах. Во время приливов они заливаются настолько, что на поверхности воды остаются лишь верхушки деревьев. Эти «водяные деревья», как называют их китайцы, характеризуются высокой солеустойчивостью и при отсутствии солей развиваются хуже.

Растения, произрастающие на засоленных почвах, по своим биологическим свойствам разделяются на три основные группы: сочные, полусочные и сухие. Среди галофитов встречаются однолетние травы, полукустарники, кустарники и деревья. Они расселяются на влажных и сухих солончаках, на солонцах, в пустынных степях и на песках пустынь. Суровые условия произрастания в процессе эволюции резко изменили внешний вид и внутренние свойства галофитов. Большинство из них имеет толстые сочные листья. Имеются растения, листья которых пре-

вращены в чешуи, а мясистые зеленые стебли выполняют роль фотосинтезирующих органов. У некоторых галофитов листья принимают цилиндрическую или нитевидную форму или бывают мелкими и узкими.

В зависимости от биологических свойств и условий произрастания содержание воды в органах галофитов колеблется в пределах 20—94%, а содержание золы — 10—52%. В клеточном соке некоторых галофитов накапливается огромное количество хлористых, сернокислых и других солей. Нередко у таких растений избыток солей выделяется на поверхность листьев, образуя хорошо видимый белый налет. Наряду с этим имеются галофиты, которые ограничивают поступление солей в свои органы, вследствие чего у них не наблюдается избыточного скопления этих вредных веществ. Однако, несмотря на это, все галофиты имеют высокие показатели осмотического давления клеточного сока, что позволяет им поглощать воду даже из сильнозасоленной почвы и солончаков.

Многие галофиты представляют большую ценность для народного хозяйства нашей страны. Среди них — высокоценные кормовые растения, заселяющие большие территории полупустынь и пустынь. Кустарниковые и древесные галофиты имеют большое значение для лесоразведения в степях и пустынях, а также при посадках лесозащитных полос в районах с засоленными почвами. Кроме того, в настоящее время некоторые галофиты используются в нашей промышленности в качестве исходного сырья для получения многих ценных химических веществ, применяемых в промышленности и медицине.

Многочисленными исследователями, и главным образом Руландом (Ruhland, 1915), Б. А. Келлером (1923, 1927, 1940), Штоккером (Stocker, 1928, 1933), А. А. Рихтером (1927), П. А. Генкелем и А. А. Шаховым (1945), В. А. Бурыгиным (1952), А. А. Шаховым (1956), были изучены физиология, морфология и экология многих галофитов. Было установлено, что в процессе эволюции у галофитов выработались своеобразные анатомо-морфологические и физиологические свойства, позволяющие растительным организмам осуществлять жизненные функции в присутствии значительного количества вредных солей.

Интересные данные были получены по физиологии приспособления галофитов. Благодаря этим приспособи-

тельными свойствам галофиты относительно легко преодолевают высокое осмотическое давление засоленного почвенного раствора. Оказалось, что у одних групп галофитов осмотический актив образуется главным образом за счет органических веществ, тогда как у других он состоит из минеральных солей, поступающих из засоленного субстрата (Рихтер, 1927). Такие растения, как приморская полынь (*Artemisia maritima salina*), биюргун (*Anabasis salsa*) и др., накапливают в своих органах относительно большое количество углеводов и сравнительно немного солей, тогда как у солероса (*Salicornia herbacea*), сведы (*Suaeda maritima*), сарсазана (*Halocnemum strobilaceum*) и у других наблюдается обратная закономерность.

Наряду с этим было установлено, что приспособление галофитов к засолению почвы весьма разнообразно и достигается различными путями, что дало возможность разделить их на следующие четыре основные группы.

Соленаккапливающие галофиты (эвгалофиты). К этой группе относятся наиболее солеустойчивые растения и типичные солянки, например солерос травянистый (*Salicornia herbacea*). Эти растения поселяются на сильнозасоленных и увлажненных почвах. Вследствие длительного пребывания их в названных условиях наличие солей является для них физиологической потребностью. Галофиты этой группы характеризуются повышенной проницаемостью плазмы клеток для солей и могут накапливать огромное и, по выражению Б. А. Келлера (1940), сверхпредельное количество солей в своих органах. Келлер указывает, что в тканях солероса им было определено 10,1% солей (NaCl , Na_2SO_4) из расчета на воду, содержащуюся в живом растении. Вследствие большого накопления солей галофиты имеют высокое осмотическое давление клеточного сока, достигающее в отдельных случаях до 100—200 атм. Благодаря большой сосущей силе корней, превышающей осмотическое давление почвенного раствора, галофиты способны поглощать воду из сильнозасоленной почвы.

Солевывделяющие галофиты (криногалофиты) поселяются как на сильно-, так и на слабозасоленных почвах. К ним относятся такие растения, как кермек Гмелина (*Statice Gmelini*). Протоплазма клеток у этих растений достаточно хорошо проницаема для солей. Выделение

солей на поверхность органов осуществляется с помощью особых солевывделительных железок, причем число подобных железок у растений возрастает по мере повышения засоленности почвы. Кроме того, эти галофиты освобождаются от избытка солей путем сбрасывания листьев, переполненных солями, и через корневые выделения.

Соленепроницаемые галофиты (гликогалофиты). Растения этой группы заселяют менее засоленные почвы. К ним относятся такие растения, как полынь морская солончаковая (*Artemisia maritima* L., var. *salina* Willd). Плазма клеток этих растений малопроницаема для солей, и осмотический актив создается главным образом за счет продуктов ассимиляции (углеводов).

Солелокализирующие галофиты. Представителем этой группы является лебеда татарская (*Atriplex tatarica*). Соли, проникающие через протоплазму клеток таких растений, локализуются в особых пузырьвидных волосках, которые сплошным слоем покрывают верхние и нижние стороны листьев. Весьма интересно, что у растений, произрастающих на незасоленной почве, подобных волосков не образуется.

Засоление почвы, значительно изменяя внешний облик растения, обуславливает ярко выраженную суккулентность или ксероморфность галофитов. Как мы уже отмечали, тесная связь между характером растительности и засоленностью почвы позволяет ориентировочно определить степень засоления почвы на основании состава растительного покрова (Федоров, 1930).

Были установлены интересные закономерности о влиянии засоленности почвы на пол растений. Оказалось, что мужские особи некоторых древесных пород (осина, ива и др.) в большинстве случаев произрастают на более засоленной почве, тогда как женские особи — на менее засоленной. У однодомных растений (береза и др.) влияние солей проявляется в увеличении мужских и уменьшении женских цветов (Шахов, 1952).

Высокая приспособленность галофитов к солям дает возможность им заселять такие засоленные почвы, на которых невозможна жизнь гликофитов.

Гликофиты (к ним относятся все культурные растения), в отличие от галофитов, характеризуются отрицательным отношением к избытку воднорастворимых солей

в почве. Вследствие длительного произрастания на незасоленных почвах, эти растения не имеют характерных морфолого-анатомических признаков, свойственных галофитам, и распространение их на засоленных почвах ограничено.

3. СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Возможность выращивания культуры на засоленных землях определяется концентрацией солей в корнеобитаемом слое почвы. Принято считать, что, если содержание солей превышает 0,5% (от веса почвы), вести культуру нецелесообразно: такая почва считается сильнозасоленной. Среднезасоленные почвы, имеющие концентрацию солей 0,2—0,5%, используются в сельском хозяйстве, но обычно при этом засолении дают пониженный урожай. При содержании солей 0,1—0,2% вполне возможно произрастание всех полевых культур; такие почвы относятся к незасоленным (Розов, 1934). Культурные растения имеют различную солевыносливость, и по устойчивости к солям их можно условно разбить на определенные группы (табл. 7, 8 и 9).

Данные табл. 7, 8 и 9 показывают, что культурные растения по-разному реагируют на концентрацию солей в почвенном растворе. Нужно отметить также, что на солеустойчивость растений влияют механический состав почвы, ее влажность в течение вегетационного периода, запас питательных солей и другие условия (климат, микрорельеф), т. е. степень солеустойчивости растений изменяется от условий их произрастания. Накопление же органического вещества и воспроизведение потомства у растений разных видов и сортов при равном засолении резко подвергается количественному изменению. Количественные показатели солеустойчивости и продуктивности (урожайности) различных растений изменяются в зависимости от их биологических свойств. У одних растений свойство высокой солеустойчивости совмещается с низкой продуктивностью, у других — с относительно высокой. Для сельского хозяйства представляют ценность не вообще солеустойчивые растения, а растения, совмещающие свойства солеустойчивости и урожайности.

Таблица 7

*Предельная солеустойчивость сельскохозяйственных культур
в первый период их развития*

(по В. Е. Кабаеву, 1953)

Культура	Содержание хлора на воздушно-сухую почву, %		
	в Голодной степи	в Бухарской области	в Ферганской области
Подсолнечник	0,080	0,058	0,058
Кукуруза	0,040	0,030	—
Ячмень	0,040	0,038	—
Просо	0,040	—	0,015
Свекла сахарная и кормовая .	0,040	0,035	0,045
Хлопчатник	0,030	—	0,045
Пшеница	0,030	0,040	0,024
Овес	0,030	—	0,032
Люцерна	0,020	0,022	0,010
Маш	0,008	—	0,015
Джугара	—	—	0,038
Кунжут	—	—	0,015
Фасоль	—	—	0,015

Поэтому целесообразно ввести следующие понятия:
солеустойчивость растений, или способность растительного организма осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленном субстрате;

биологическая солеустойчивость, или способность растительного организма осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленной почве, нередко с пониженной интенсивностью накопления органического вещества, при сохранении воспроизведения потомства;

агрономическая солеустойчивость, или способность растительного организма осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленной почве и давать в этих условиях продукцию, удовлетворяющую практику сельского хозяйства.

Таблица 8

Солеустойчивость бахчевых и овощных культур

(по В. Е. Кабаеву, 1953)

Культура	По содержанию хлора	
	на воздушно-сухую почву, %	в почвенном растворе, г/л
Тыква	0,007—0,020	0,40—1,40
Томаты	0,007—0,020	0,30—1,30
Капуста	0,007—0,020	0,30—1,20
Дыни	0,007—0,015	0,20—0,65
Лук	0,007—0,010	0,30—0,50
Арбузы	0,007—0,008	0,30—0,50
Огурцы	0,005—0,007	0,20—0,30

Таблица 9

Солеустойчивость некоторых плодовых культур

(по А. П. Оганесяну, 1954)

Группы растений	Группировка по солеустойчивости	Степень засоления почв (по шкале В. А. Ковда)	Плотный остаток, %
I	Унаби, лох, гранат дикий, миндаль, абрикос, слива, груша	Солончаковые	2,0—3,0
II	Шелковица, яблоня, фи-сташка	Сильнозасоленные	1,2—2,0
III	Персики, грецкий орех	Среднезасоленные	0,6—1,2
IV	Ежевика, хурма кавказская	Слабозасоленные	0,3—0,5
V	Хурма восточная	Незасоленные	Менее 0,3

4. РОСТ И РАЗВИТИЕ

Действие солей на растение проявляется с самых ранних ступеней его развития—в период набухания и прорастания семян. По данным В. А. Новикова (1942),

поглощение воды прорастающим семенем происходит в два периода. В первый период (набухание) семена поглощают воду за счет силы набухания коллоидов семян, которая очень высока и доходит до 1000 атм. В этот период семена насыщают свыше 60% воды, независимо от концентрации солей во внешней среде. Поглощение остав-

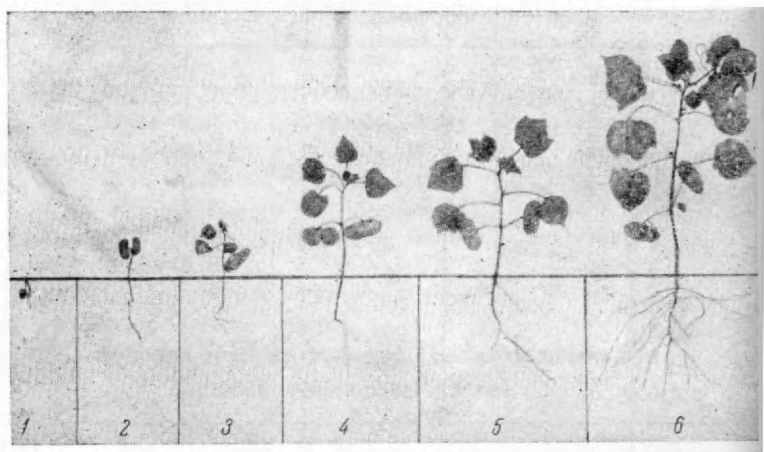


Рис. 9. Рост хлопчатника на различно засоленных участках (по Строгонову, 1950).

1 — солончак, 2 — очень сильное засоление, 3 — сильное, 4 — среднее, 5 — слабое, 6 — очень слабое засоление.

шейся воды (около 40%) во второй период проходит в условиях сниженной силы набухания коллоидов семени за счет осмотического давления растворенных веществ клеточного сока. Непрорастание семян в растворах солей, по мнению В. А. Новикова, объясняется преобладанием осмотического давления внешнего раствора над осмотическим давлением семени, вследствие чего семена теряют способность получить необходимую для прорастания воду.

Интенсивность прорастания семян, рост, развитие и формирование урожая растений в условиях засоления зависят от концентрации солей: чем выше содержание солей в почве, тем больше угнетается рост и развитие растений (рис. 9).

Согласно исследованию В. Л. Бровцовой (1946), непосредственное действие солей на ростовые процессы хлопчатника проявляется в торможении растяжения клеток в большей степени, чем на их делении; это, по мнению исследователя, обуславливает небольшие размеры органов и самого растения.

Характерно, что наряду с торможением роста в органах растений наблюдается избыточное накопление азотистых веществ и углеводов. Дело в том, что накопление азотистых веществ и углеводов идет быстрее, чем потребление их на образование новых тканей и органов. Таким образом, подавление роста вызывается не голоданием растений, а специфической реакцией их на засоленность почвы. Иначе говоря, соли действуют непосредственно на ростовые процессы растений (Строгонов, 1949).

В условиях засоленной почвы развитие растений также в значительной мере изменяется. В некоторых случаях у растений, произрастающих на засоленных почвах, можно наблюдать более раннее цветение и плодообразование. Высокие концентрации непитательных солей в почве заметно ускоряют наступление фаз колошения и созревания пшениц, сокращая тем самым вегетационный период (Кузьменко и Воробьев, 1935). По данным Л. И. Сергеева (1953), культурные злаки при засолении почвы хлористым натрием на первых фазах своего развития (всходы, кущение) в значительной мере отстают от растений, вегетирующих на незасоленной почве, тогда как выход в трубку, колошение и особенно созревание у растений на засоленной почве проходят значительно быстрее, чем у контроля.

Действие солей на прохождение репродуктивной фазы наблюдается и у хлопчатника. По наблюдениям Гарриса (Harris, 1929) и Х. Аманова (1942a), засоление почвы несколько задерживает наступление сроков цветения хлопчатника. После цветения хлопчатник на засоленном участке обычно ускоряет свое развитие, и созревание коробочек у этих растений наступает на шесть дней раньше, чем у обычных растений (Ермошенко, 1942a). Исследования О. Ф. Туевой и П. Г. Марсаковой (1941) показали, что засоление вызывает задержку бутонизации у хлопчатника, а раскрытие цветов и период от цветения до созревания у этих растений несколько убыстряются. И все же, несмотря на ускорение некоторых этапов развития хлопчатника на

засоленной почве, задержка развития в первой половине вегетационного периода оказывается решающей и созревание коробочек заметно задерживается.

Степень солеустойчивости растений изменяется в зависимости от фазы их развития. По мнению Н. М. Тулайкова (1922), в молодом возрасте растение чувствительно к избытку солей в почве. Именно в ранние периоды необходимо создавать для растения максимально благоприятные условия водного режима. К аналогичному выводу приходит и В. А. Новиков (1942). Он считает, что повышенная чувствительность растения в период прорастания обусловлена отсутствием достаточного осмотического актива для поглощения воды из почвы. Взрослое растение имеет возможность поглощать необходимый минимум воды благодаря достаточно развитой сосущей силе корневых клеток, корневому давлению и транспирации листьев. Кроме того, у взрослого растения вредное воздействие солей парализуется их локализацией в тканях и органах, имеющих специфическое назначение (железистые клетки, волоски). Выводы В. А. Новикова подтвердились работой М. Г. Абуталибова (1940), который показал, что концентрация хлористых солей, вызывающая гибель растений, находящихся на ранних фазах развития (до фазы бутонизации), не оказывает губительного действия на хлопчатник в фазе цветения.

Большой интерес вызывают данные Е. М. Ковальской (1945), полученные при исследовании солеустойчивости томатов и люцерны в зависимости от фазы их развития. Было установлено, что при засолении в раннем возрасте растения явно страдают от присутствия солей, но не гибнут. Преждевременная гибель этих растений наступает лишь в фазу цветения. В данном случае наблюдается своеобразное последствие солей на растительный организм. Засоление в фазу бутонизации заметно меньше отразилось на растениях, чем засоление на ранних фазах развития. Наиболее вредное действие солей проявилось при засолении почвы в фазу цветения. На основании полученных результатов Е. М. Ковальская делает заключение, что растения, находящиеся в начальной фазе развития и фазе цветения, более чувствительны к действию солей, чем в иные фазы.

Наиболее высокую чувствительность к засолению почвы у растений, находящихся на ранних фазах своего развития, наблюдали также: А. И. Смирнов (1926) — у льна, В. А. Ковда и Л. Я. Мамаева (1939) — у люцерны, Гаррисон и Кинг (Harrison a. King, 1925) — у кукурузы.

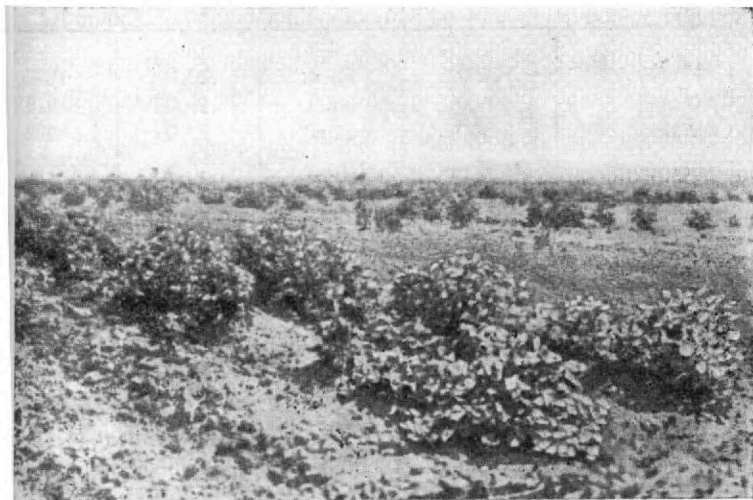


Рис. 10. Поле хлопчатника с пятнами солончаков
(по Б. П. Строгонову, 1950).

Таким образом, вредное действие солей, вызывающих засоление почвы, сказывается, начиная от прорастания семян. При сильном засолении прорастание семян надолго задерживается, а у самих растений резко подавляется рост, и они становятся низкорослыми. Солеустойчивость растений в течение вегетационного периода изменяется, по мере развития растений она неизменно возрастает.

Различная степень засоления почвы обуславливает неравномерность роста и развития растений даже в пределах близлежащих участков поля. Такую неравномерность наблюдал Н. М. Тулайков (1912) у пшениц и О. Ф. Туева и П. Г. Марсакова (1941) — у хлопчатника (табл. 10).

Подобные явления широко распространены на засоленных почвах. Они вызывают сильную изреженность

Рост и развитие хлопчатника на
(по О. Ф. Туевой)

Степень засоления	Число растений на га	Высота растений, см	Число узлов	Листовая поверхность см
Слабая	77000	65,6	20,0	1957
Средняя	66800	38,6	17,0	919
Сильная	28400	22,1	13,9	292

(рис. 10) и неравномерное развитие растений в пределах поля (рис. 11). Ненормальный рост и развитие растений

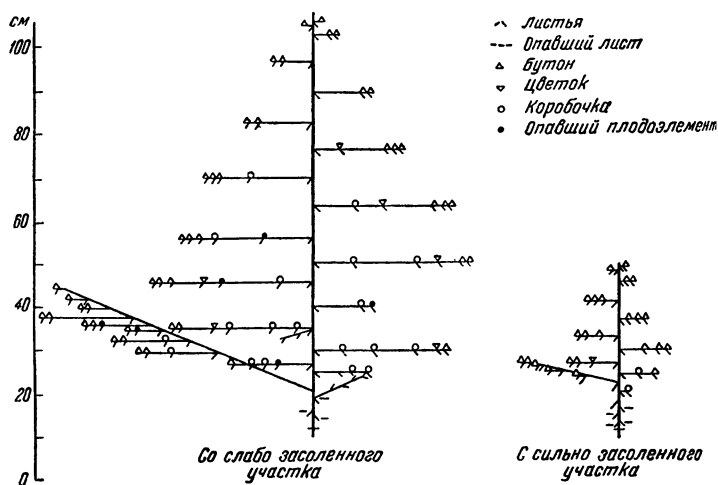


Рис. 11. Схема кустов хлопчатника, произрастающих на слабо- и сильно засоленных участках (по Строгонову, 1950).

в конечном итоге, ведут к резкому снижению урожая и его качества.

Отрицательное действие высоких концентраций солей проявляется и на росте корней хлопчатника. Согласно нашим исследованиям (Строгонов, 1954), в условиях силь

Таблица 10

участках с разным засолением

П. Г. Марсаковой, 1941)

Фаза репродукции			Сбор урожая хлопка-сырца, ц/га			
бутониза- ция	цветение	созревание	23.IX	8.X	29.X	Всего (домо- розный)
3.VI	8.VII	10.IX	7,45	9,61	14,30	31,36
17.VI	22.VII	17.IX	3,68	3,44	7,80	14,92
6.VII	8.VIII	—	0	0	5,45	5,45

ного засоления интенсивность роста корней заметно снижается, а сухой вес их падает (рис. 12).

В этих условиях в силу локального действия солей нередко наблюдается отмирание точки роста главного

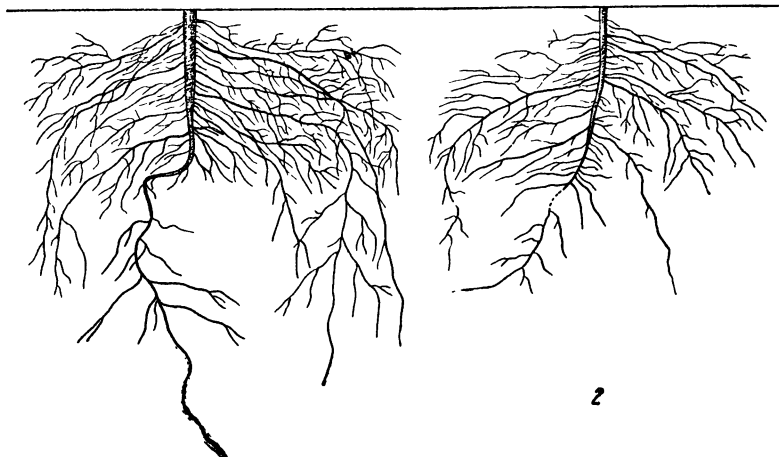


Рис 12. Корни хлопчатника;

1 — со слабозасоленного участка, 2 — с сильнозасоленного участка
(по Строгонову, 1954)

корня и отдельных его частей, сопровождающееся побурением и ослизнением тканей, но вместе с тем разрастаются отдельные боковые корни, которые как бы берут на

ссылая функцию главного корня. Разработанный нами метод (Строгонов, 1954) позволил установить, что наблюдаемые изгибы главного корня вызваны резко выраженной локализацией солей в почве. Дальнейший рост этих корней осуществляется в менее засоленном участке корнеобитаемой зоны, т. е. корни как бы «обходят» очаги скопления солей.

На почвах с карбонатным засолением встречаются карбонатные сцементированные прослойки (шохи), которые препятствуют нормальному росту корней. Вследствие этого корневая система растений располагается в основном в верхних горизонтах почвы (Саидов и Салихова, 1956).

Интенсивность роста корней определяет степень солеустойчивости хлопчатника. По мнению Д. А. Шутова и сотр. (1936), повышение солеустойчивости хлопчатника с фазы бутонизации объясняется интенсивным развитием вторичных боковых корней, которые сравнительно легко преодолевают осмотическое давление почвенного раствора.

5. АНАТОМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Засоленность почвы оказывает резкое влияние на анатомо-морфологическое строение как надземных, так и подземных органов растений. По данным В. А. Руми (1950), в условиях засоления генеративные элементы на растениях хлопчатника развиваются вполне нормально. Однако наблюдаемая количественная редукция делений соматических клеток вызывает заметное уменьшение размеров цветов, завязей и коробочек (рис. 13). Нарушение поступления питательных веществ в развивающиеся семяпочки, по мнению Руми, приводит к отмиранию зародышевых мешков, к нарушению процесса оплодотворения; в результате формируются щуплые и невсхожие семена. Имеются данные, свидетельствующие о явно выраженных анатомо-морфологических изменениях листьев хлопчатника при засолении. В частности, В. А. Бурыгин (1947 а, б) указывает, что в условиях засоления резко уменьшаются размеры листьев, число и размеры лопастей и заметно увеличивается толщина листовой пластинки за счет увеличения водоносной ткани — губчатой паренхимы. Крупные,

рыхло расположенные клетки этой ткани имеют большие межклетники, заполненные водой (Бурьгин, 1947 а, б). Как показали исследования З. М. Пашенко (см. Ковда, 1947) и С. Ю. Рожановского (1948), при этом наблюдается утолщение эпидермиса, палисадной паренхимы, уменьшение размеров клеток эпидермиса и длины устьиц,

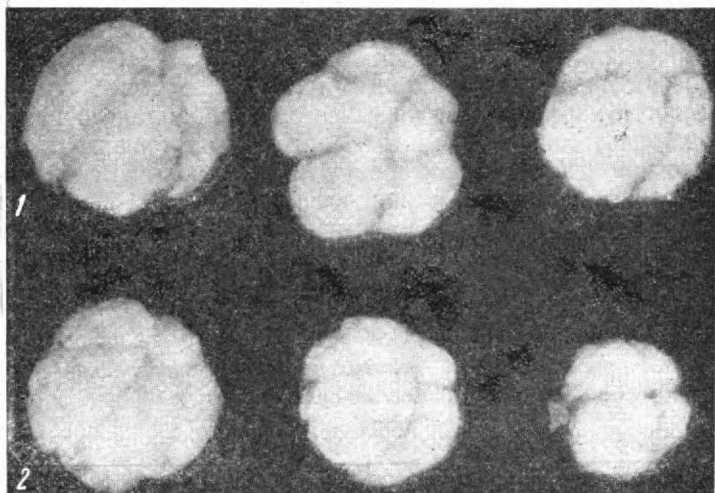


Рис 13. Коробочки хлопчатника:

1 — при слабом засолении, 2 — при сильном засолении
(по Строгонову, 1950).

а также увеличение числа устьиц на единицу площади листа. Кроме того, засоленность почвы повышает степень опушенности листьев, главным образом за счет увеличения числа волосков в опушающих гнездах.

Существенные анатомо-структурные изменения наблюдаются в стебле и в корне хлопчатника. В условиях засоления резко уменьшается диаметр просветов сосудов в этих органах, возрастает число сосудов на единицу площади, а также лучше развиваются механические ткани и увеличивается толщина перераставших волокон (З. М. Пашенко). В стебле хлопчатника в условиях засоления значительно лучше развиваются обкладочные клетки со-

судов и наблюдается интенсивное накопление крахмала как в обкладочных клетках, так и в живых элементах древесины и сердцевинных лучах (Клинг, 1954).

6 СОЛЕВОЙ РЕЖИМ

Многочисленные исследования показывают, что засоление почвы неизбежно приводит к перегрузке солями органов растений. Наиболее широкие исследования в этом направлении были проведены В. А. Ковдой (1940, 1947, 1949), который установил, что накопление солей сопровождается характерным нарушением минерального питания хлопчатника. По данным В. А. Ковды, органы молодого хлопчатника характеризуются повышенным содержанием кремния, алюминия, фосфора, хлора, магния и натрия, при этом наблюдается недостаточное поступление таких важных элементов минерального питания, как кальций, калий, сера (табл. 11).

Таблица 11

*Минеральный состав молодых растений хлопчатника
в % на абсолютно-сухое вещество
(по В. А. Ковде, 1949)*

Состояние хлопчатника	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Cl	SO ₄	Ca	Mg	K	Na	Всего минеральных веществ
Нормальное . .	0,72	0,47	0,08	0,58	1,54	3,83	3,35	0,81	4,67	0,41	16,46
Слабоугнетен- ное	1,26	0,06	0,11	0,47	0,85	3,34	3,55	0,87	3,34	0,20	14,05
Угнетенное . .	5,16	0,19	0,46	1,62	1,56	2,03	1,83	0,87	3,50	0,54	17,76
Сильноугнетен- ное	5,02	0,14	0,41	2,11	2,84	3,05	1,26	1,10	3,54	1,22	20,69

Особенно высокое накопление солей в тканях было установлено А. В. Юрьевой (1934) в листьях томатов (6,6% хлора на сухой вес), А. Н. Скосыревой (1944) — в соломе многолетней пшеницы (16,31% хлора в золе соломы). Среди древесно-кустарниковых растений особо

солеустойчивой оказалась селитрянка. По исследованиям И. А. Крупенникова (1944), это растение выдерживает высокое содержание солей в почве, достигающее до 8% Cl, 13% SO₄ и 30% по плотному остатку. В листьях селитрянки обнаружено около 14% Cl; общее количество солей (по плотному остатку) достигает 57% от веса сухого растения.

Огромное скопление непитательных солей в тканях растения обуславливает своеобразную минерализацию органов, что часто наблюдается у растений с засоленных почв. Нередко в органах растений концентрация солей бывает значительно выше, чем в самой почве. Так, например, по данным Г. В. Березенко (1950), в листьях винограда концентрация солей в 200—300 раз выше, чем в почве.

Накопление солей в органах растений далеко не равномерно; об этом свидетельствуют данные В. А. Новикова (1942) по распределению хлора в разных органах хлопчатника (табл.12), выращенного при различном засолении.

Таблица 12

*Содержание хлора в разных частях хлопчатника
в % на абсолютно-сухое вещество
(по В. А. Новикову, 1942)*

Концентрация раствора Вант-Гоффа— Рихтера	Хлопчатник № 182					
	стебли	листья	плодо- ножки	стенки коробочек	венчики	волокно
0,0	0,5793	1,915	2,147	0,929	—	0,1945
0,1	0,9788	2,076	3,786	1,449	—	0,0855
0,2	—	3,083	4,512	—	—	—
0,3	1,649	5,893	—	2,138	0,9868	—

Важно отметить, что и в органе растения соли распределяются также неравномерно. В этом отношении интерес представляют результаты исследования В. С. Шардакова (1937), установившего локализацию солей, в частности хлора, в эпидермальных клетках, в железистых волосках, в обкладочных клетках внутренних (маслянистых) железок и в листовых нектарниках. С повышением засолен-

ности почвы хлор обнаруживается также в замыкающих клетках устьиц и в клетках ассимиляционной паренхимы, но в значительно меньшем количестве. Таким образом, явление локализации ограничивает сферу вредного действия солей и позволяет осуществлять растению жизненно важный процесс фотосинтеза.

Проникновение солей в некоторые органы растения значительно ограничено. Так, по мнению В. А. Новикова, основание коробочки (донце) у хлопчатника служит своеобразным фильтром для солей, поступающих в коробочку, вследствие чего этот орган не подвергается сильному солевому воздействию.

7. ФОТОСИНТЕЗ

Засоление почвы оказывает большое влияние на хлорофиллоносный аппарат листьев растений. По данным С. Г. Илясовой (1942), в первой половине вегетации у листьев хлопчатника в условиях засоления содержание хлорофилла и каротиноидов пониженное, тогда как во второй половине, начиная с цветения, количество их увеличивается по сравнению с растениями незасоленной почвы. С сильным возрастанием засоленности почвы под воздействием солей нарушается прочность связи хлорофилла с белками хлоропластов и он разрушается. В результате участки листьев теряют зеленую окраску и приобретают светло-желтый оттенок (Строгонов и Иваницкая, 1954а).

Подобные нарушения в хлорофиллоносном аппарате отражаются на интенсивности фотосинтеза и накоплении сухого вещества хлопчатником в условиях засоления. Согласно исследованиям А. В. Благовещенского и С. С. Баславской (1936), при наличии в субстрате хлоридов интенсивность фотосинтеза картофеля неизменно снижалась. На снижение интенсивности фотосинтеза у пшениц в условиях засоления указывает и А. М. Алексеев (1940).

Соли, поступающие через корни или введенные через листья, снижают интенсивность фотосинтеза у различных видов хлопчатника (Жданова, 1944), а со снижением фотосинтеза у хлопчатника, произрастающего в условиях сильного засоления, накопление сухого вещества и углеводов в утренние часы начинается несколько позднее, чем у растений с менее засоленной почвы (Садыков, 1940). Согласно данным С. С. Абаевой и Л. Д. Могиленец (1942),

интенсивность накопления сухого вещества может рассматриваться как признак солеустойчивости хлопчатника. Наиболее солеустойчивые сорта и виды хлопчатника, по сравнению с несолеустойчивыми, в условиях засоления не столь резко снижают интенсивность накопления сухого вещества.

По мере возрастания засоленности почвы продуктивность листьев хлопчатника заметно снижается (Туева и Марсакова, 1941) (табл. 13).

Таблица 13

*Продуктивность работы единицы листовой
поверхности хлопчатника
(в г воздушно-сухого вещества на 1 дм² в сутки)
(по О. Ф. Туевой и П. Г. Марсаковой, 1941)*

Дата полива	Время определения в течение шести дней	Степень засоленности почвы		
		слабая	средняя	сильная
1-й полив — 4 июня	до полива	0,09	0,06	0,01
	после полива . . .	0,09	0,07	0,02
3-й полив — 16 июля	до полива	0,05	0,04	0,01
	после полива . .	0,13	0,13	0,06

Согласно нашим исследованиям (Строгонов, 1949), хлопчатник в условиях засоления крайне чувствителен к изменению водного режима почвы. Несвоевременный полив хлопкового поля вызывает задержку накопления сухой массы тем большую, чем выше степень засоленности почвы. У хлопчатника, растущего на сильнозасоленной почве, и после полива наблюдается последствие «водного голодания», проявляющееся некоторое время в задержке накопления сухого вещества.

8. ЗНАЧЕНИЕ СВЕТА В СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ

Интересен тот факт, что продолжительность освещения оказывает большое влияние на солеустойчивость растений. Опытами В. А. Новикова (1945) и А. К. Носова (1949) было установлено, что при выращивании хлопчатника при

коротком дне солеустойчивость его падает; это, по мнению В. А. Новикова, объясняется понижением интенсивности накопления органических веществ.

Существенное значение в солеустойчивости растений имеет интенсивность освещения. Хлопчатник при затенении выносит более высокое засоление, чем в нормальных условиях освещения (Абуталыбов, 1940). Как показали исследования В. А. Новикова (1949), при уменьшении интенсивности света снижается поступление солей в органы хлопчатника и повышается энергия накопления органических веществ. Уменьшение интенсивности света при увеличении засоленности почвы не снижает, а даже несколько повышает урожай хлопка-сырца. Это дало повод В. А. Новикову высказать мнение, что солеустойчивость растений связана с их устойчивостью к яркому солнечному свету — светостойчивостью.

На сложную взаимосвязь между интенсивностью света, величиной фотосинтеза, поступлением и накоплением солей указывают также работы Г. З. Березенко (1950) и Эйриса (Arisz, 1954). По данным Березенко, не только содержание солей влияет на фотосинтез, но и фотосинтез оказывает влияние на соленакопление в листьях виноградной лозы. При отсутствии фотосинтеза содержание солей значительно возрастает.

Интересные факты были установлены также Эйрисом (Arisz, 1954). Он показал, что ионы хлора быстро перемещаются из неосвещенной части листа в освещенную. В связи с этим приобретает интерес высказывание В. А. Новикова (1949) о возможности повышения урожая на засоленных почвах путем частичного затенения или самозатенения растений (гнездовые посевы, соответствующее расположение посевных рядков). Можно предположить, что в этих условиях поступление солей в надземные органы растения будет ограничено вследствие снижения проницаемости клеток корня.

9. ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ И ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ РЕАКЦИИ

Наличие солей в почве в значительной мере сказывается и на процессе дыхания. По данным Л. И. Сергеева (1936б), сравнительно длительное воздействие солей на

растение приводит к снижению энергии дыхания, тогда как кратковременное повышает его интенсивность. Л. И. Сергеев (1935, 1936а), насыщая в течение дня листья и побеги различных сортов пшеницы раствором хлористого натрия, наблюдал значительное увеличение интенсивности дыхательного процесса, в то время как замочка семян в растворах разных солей вызывала снижение интенсивности дыхания прорастающих семян. Исключением в этих опытах является серноокислый натрий, который приводил к заметной стимуляции интенсивности дыхания прорастающих семян.

У растений, подвергающихся действию солей, изменяется активность ферментов. По данным С. С. Баславской (1940), гидролитическая активность амилазы гороха, табака и подсолнечника под влиянием солей возрастает. Характерно, что показатели активности амилазы при добавлении солей к вытяжкам из растений и у растений засоленных почв могут быть различными, а иногда и противоположными. Соли, прибавленные к вытяжке из растений, не оказывают существенного влияния на активность фермента, тогда как у растений, испытывающих длительное воздействие солей, наблюдается повышение активности амилазы (Баславская, 1943).

Согласно нашим данным (Строгонов, 1949), активность каталазы у листьев хлопчатника в условиях засоления сильно возрастает. М. А. Ермошенко (1942б) указывает, что хлопчатник с засоленной почвы в период плодоношения имеет значительно более высокую активность каталазы (больше чем в 2 раза) по сравнению с растениями с незасоленного фона.

10. УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН

Действие солей в значительной мере сказывается и на последующих этапах превращения продуктов фотосинтеза, т. е. на углеводном обмене растения. В. С. Ильин (Ilijin, 1922 а, б, в; 1923), выдерживая срезы эпидермиса в растворах солей различной концентрации одновалентных и двухвалентных металлов, наблюдал гидролиз крахмала в замыкающих клетках, вызывающий ненормально широкое раскрытие устьиц, что приводит к усиленной транспирации и гибели растения от высыхания. В результате опыта вы-

явилось, что замыкающие клетки менее устойчивы к действию солей по сравнению с ассимиляционной тканью. Распад крахмала в клетке в присутствии солей происходит неодинаково и зависит от вида соли и природы растения. Оказалось, что наиболее сильное действие на распад крахмала оказывает катион натрия, широко распространенный в засоленных почвах. Этот катион не только приводит к распаду крахмала клеток, но и в значительной мере тормозит его синтез в тканях, находящихся в благоприятных условиях углеводного питания (на растворах мальтозы). Степень распада и синтеза крахмала в тканях растений при воздействии солей и определяет, по мнению Ильина, солеустойчивость растений.

На распад крахмала и торможение его синтеза в растительных тканях под влиянием действия солей указывает в своих работах и С. С. Баславская (1940). Было установлено, что хлориды, введенные в листья, приводят к усилению распада крахмала до декстринов и сахарозы. Характерно, что листья сахарной свеклы оказались наиболее устойчивыми к солевым воздействиям, так как соли, введенные в них, не оказали должного действия на гидролиз крахмала.

По данным Д. А. Шутова и сотр. (1936), общее содержание углеводов в листьях хлопчатника увеличивается с повышением засоленности почвы. В наших опытах (Строгонов и Остапенко, 1946а; Строгонов, 1949) было установлено, что в листьях хлопчатника с засоленной почвы общее содержание углеводов несколько выше по сравнению с растениями с менее засоленной почвы. Следует отметить также, что на протяжении всего вегетационного периода содержание дисахаридов было всегда выше в растениях с засоленной почвы, чем у контрольных. С повышением засоления почвы в тканях листа происходит накопление крахмала, но образование его заметно падает. Повышенное крахмалонакопление в листьях хлопчатника с засоленной почвы следует отнести за счет задержки оттока ассимилятов и пониженной деятельности амилазы.

Оказывая существенное влияние на фотосинтез и углеводный обмен растений, засоление почвы в значительной мере изменяет соотношение форм и абсолютное содержание углеводов зеленого листа. В условиях засоления в листьях растений снижается общее содержание углево-

дов, в то время как относительное (а иногда и абсолютное) содержание крахмала увеличивается (Баславская и Сыроешкина, 1936; Баславская, 1940).

Иногда в листьях некоторых растений, подвергшихся действию солей, накапливается большое количество воднорастворимых углеводов (Знаменский, 1929; Викулина, 1938). Эти углеводы рассматриваются как вещества, повышающие осмотическое давление клеточного сока и способствующие повышению солеустойчивости растений. При недостаточном водоснабжении действие солей на углеводный обмен растений проявляется в большей мере (Гущин, 1938; Кружилин, 1939). Отклонения, наблюдаемые в углеводном обмене кенафа под влиянием засоления, изменяются в большей степени в условиях «водного голодания» растений, чем при нормальном водоснабжении (Ратнер, 1945).

У хлопчатника на засоленных почвах наблюдается связь между распадом углеводов и накоплением органических кислот (Ионесова, 1948) (табл. 14).

Таблица 14

Содержание углеводов и органических кислот у хлопчатника в % на сухой вес

(по А. С. Ионесовой, 1948)

Часы взятия проб	Почвенный фон	Сумма сахаров (глюкоза + сахара- роза)	Сумма органиче- ских кислот	Щавеле- вая кислота	Лимонная кислота
6	Пресный	3,98	2,60	0,29	1,15
16	»	6,89	—	0,77	1,25
24	»	6,66	2,38	0,50	1,84
6	Засоленный	4,71	6,80	2,93	3,23
16	»	4,21	5,65	2,69	2,35
24	»	3,80	4,81	2,02	1,88

По способности накопления органических кислот хлопчатник с засоленной почвы сходен с суккулентными галофитами, у которых обнаружено большое количество этих веществ.

11. АЗОТНЫЙ ОБМЕН

Азотный обмен растений при засолении изучался многими исследователями. Согласно исследованиям Н. М. Тулайкова (1912, 1922), семена пшеницы с солончаковых пятен имеют повышенное количество общего и белкового азота. Аналогичные данные были получены А. Шукиной (1926) по зерну твердой (Белотурка) и мягкой (Полтавка) пшеницы. А. Шукина создавала различное осмотическое давление среды как непитательными солями — NaCl , так и питательными — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В обоих случаях при повышении концентрации почвенного раствора наблюдалось увеличение содержания общего азота и белка в зерне. Увеличение общего и белкового азота в семенах хлопчатника при засолении NaCl наблюдала также А. Ф. Панкратьева-Глаголева (1932). По данным В. А. Ковда и Л. Я. Мамаевой (1939), с возрастанием засоления почвы в органах хлопчатника повышается процент общего азота. В работе М. А. Ермошенко (1942а) приводятся данные по азотному обмену в листьях хлопчатника, выращенного в естественных условиях засоления почвы. Было установлено, что засоление почвы повышало содержание общего и белкового азота в листьях хлопчатника; что же касается содержания аминного азота, то существенной разницы между контрольными и опытными растениями не обнаружено. Некоторое уменьшение содержания азотистых веществ в листьях хлопчатника с засоленной почвы в конце вегетационного периода объясняется началом отмирания листьев, что выражается в их пожелтении.

Расход белковых веществ в листьях хлопчатника с засоленной почвы был несколько иным, чем в листьях растений с незасоленной почвы. В первой половине вегетационного периода, как указывает М. А. Ермошенко, в хлопчатнике, выросшем в условиях засоления, наблюдался пониженный расход белковых веществ, который увеличивался во второй половине вегетационного периода, превышая расход азотистых веществ в хлопчатнике с незасоленной почвы. Это явление связано с первоначальным угнетением роста и развития хлопчатника, а затем ускорением этих процессов в условиях засоления. Как показали наши исследования (Строгонов и Остапенко, 1946 в; Строгонов, 1949), накопление азота хлопчатником в течение вегетационного периода идет с различной интенсивностью и за-

висит как от степени засоления и содержания воды в почве, так и от возраста растений.

С повышением засоления почвы накопление азота хлопчатником резко снижается. При неблагоприятных условиях водного режима накопление азота в большей степени снижается у растений со средне- и сильнозасоленных участков. Хлопчатник с сильнозасоленной почвы медленнее реагирует на полив по сравнению с хлопчатником со слабозасоленных участков. У растений с сильнозасоленной почвы остается последствие «водного голодания».

Засоление почвы оказывает большое влияние на распределение азота в органах хлопчатника. По мере нарастания засоленности почвы азот в большей мере накапливается в листьях и стеблях, чем в репродуктивных органах, а при меньшем засолении наблюдается обратная закономерность (табл. 15).

Таблица 15

Содержание общего азота в отдельных органах хлопчатника при различном засолении почвы в % от общего накопления азота

(по Б. П. Строгонову, 1949)

Засоление участка	Листья	Стебли	Плодовые элементы
Слабое	37,4	9,5	53,1
Среднее	37,7	10,6	51,7
Сильное	44,0	13,4	42,6

Общее количество углеводов и азотистых веществ в растении на засоленных почвах резко снижается по сравнению с растениями, произрастающими в более благоприятных условиях. Это вполне естественно, так как общий сухой вес низкорослых и угнетенных растений, по сравнению с нормальными, резко понижен. Однако соответствующие данные показывают, что, за некоторым исключением, у растений засоленных почв повышается содержание углеводов и азотистых веществ на единицу сухого вещества. Это показывает, что у подобных растений накопление углеводов и азотистых веществ идет быстрее, чем потреб-

ление их на образование новых клеток, тканей и органов. Поэтому угнетение роста растений на засоленных почвах следует объяснить не голоданием растений, а тормозящим действием солей на ростовые процессы, вследствие чего не используются в полной мере углеводы и азотистые вещества (Строгонов, 1949). При неблагоприятных условиях произрастания эти вещества накапливаются и откладываются в запас в органах растений. При снижении концентрации солей в почве, когда создаются условия для сравнительно интенсивного роста, углеводы и азотистые вещества энергично потребляются на образование новых органов растений.

12. ВОДНЫЙ РЕЖИМ

Как известно, высокая концентрация солей в почве, помимо ядовитого действия, оказывает и отрицательное влияние на водоснабжение растений, нередко обуславливая так называемую физиологическую сухость почвы. В этих условиях, естественно, содержание воды в органах растения будет снижаться. Экспериментально доказано, что по мере повышения засоленности раствора содержание воды в семенах хлопчатника заметно падает.

В условиях сильного засоления, наряду с нарушением поступления воды в семена хлопчатника, наблюдается и частичное их обезвоживание. Как показали наши опыты, семена хлопчатника, замоченные перед посевом и высеянные на сильнозасоленную почву, частично обезвоживаются. Наблюдаемое явление объясняется превышением водоудерживающей силы почвенного раствора над сосущей силой клеток растений. Именно в этих условиях осуществляется обратный ток воды, т. е. почвенный раствор оттягивает часть воды из семян, в результате чего степень оводненности их падает (табл. 16).

Таким образом, существование растений на засоленной почве возможно в том случае, если сила насасывания воды корнями превышает водоудерживающую силу почвы.

По мере роста и развития растений сила насасывания воды начинает возрастать за счет сосущей силы листьев вследствие транспирации, накопления ассимилятов и минеральных солей, поступающих из засоленной почвы. При этом сосущая сила листьев хлопчатника в условиях засо-

Таблица 16

*Изменение содержания воды в набухших семенах хлопчатника
в условиях сильнозасоленной почвы
в % на абсолютно-сухой вес семян
(по Б. П. Строгонову, 1950)*

Сорт	Даты проведения опытов					
	3.VIII	6.VIII	9.VIII	12.VIII	15.VIII	18.VIII
1363	53,82	45,79	45,53	41,32	40,92	—
2172	54,08	48,30	47,67	49,00	—	—
2126	52,00	42,68	40,61	36,00	34,02	33,70

ления заметно выше, чем на пресном фоне (рис. 14) (Шутов и сотр., 1936; Шардаков, 1953; Кургульцева, 1954). Наряду с этим у хлопчатника на засоленных почвах значительно повышается и осмотическое давление, достигая нередко 37,5 атм. (Крапивина, 1954). В условиях недостаточного водоснабжения сосущая сила в листьях хлопчатника достигает 30 атм., что превышает осмотическое давление почвенного раствора слабо- и среднезасоленных почв. По данным В. А. Ковда (1946), осмотическое давление у этих почв сравнительно невелико и лишь у солончаков оно достигает 24 атм.

Но несмотря на это, водный режим хлопчатника на засоленной почве резко нарушается. Как показали исследования Л. И. Кургульцевой (1954), у хлопчатника в условиях засоления, независимо от фазы его развития и влажности почвы, снижается поступление воды в клетки корней.

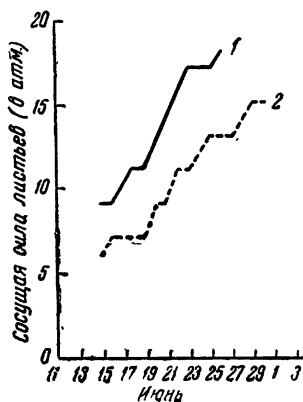


Рис. 14. Сосущая сила листьев хлопчатника на засоленных (1) и незасоленных (2) почвах в межполивной период (по Шардакову, 1953).

Наблюдаемое явление объясняется снижением проницаемости клеток корня для воды. Многочисленными исследованиями установлено, что по мере возрастания степени засоленности почвы содержание воды в листьях растений неизменно повышается. Отмеченный факт В. А. Бурьгин (1947б) рассматривает как приспособительную реакцию, благодаря которой регулируется концентрация клеточного сока и предотвращается чрезмерное возрастание осмотического давления у растений засоленных почв.

Ряд авторов указывает на изменение интенсивности транспирации у растений, произрастающих на засоленных почвах. Согласно данным Х. Аманова (1942а) и В. А. Бурьгина (1947б, 1952), интенсивность транспирации хлопчатника в условиях засоления заметно падает. Результаты наших опытов (Строгонов, 1950; Строгонов, Клешнин и Иваницкая, 1953; Клешнин, Строгонов и Шульгин, 1954) и данные А. Т. Крапивинной (1954) свидетельствуют о явном повышении интенсивности транспирации хлопчатника на засоленных почвах. Это явление объясняется условиями выращивания растений, которые создаются различными типами засоления почвы. Однако, независимо от интенсивности транспирации, общий расход воды растением за вегетационный период по мере возрастания засоленности почвы неизменно падает (табл. 17), так как у растений на засоленной почве резко сокращается общая

Таблица 17

*Расход воды хлопчатником за вегетационный период
на участках с различным засолением
(по Б. П. Строгонову, 1950)*

Степень засоления участка	Расход воды одним кустом хлоп- чатника, кг					Расход воды за веге- тационный период	
	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	одним ку- стом хлоп- чатника, кг	хлопчат- ником, м ³ /га
Слабая	1,20	11,88	57,46	62,94	22,62	156,10	6514
Сильная . . .	0,66	7,52	30,52	36,57	17,08	92,35	2695

испаряющая площадь и главным образом площадь листовой поверхности. Вследствие этого и неодинаковой густоты стояния разница в количестве воды, израсходованной хлопчатником за вегетационный период на различно засоленных участках, достигает значительных величин. Следует отметить, что изменение водного режима хлопчатника на засоленных почвах приводит к тому, что водный дефицит его листьев становится меньше (Марсакова, 1949). Представляет интерес и то, что засоленность почвы приводит к сильному снижению жароустойчивости хлопчатника (Клешнин, 1945).

Заслуживают внимания исследования Д. П. Проценко (1956) по сравнительной оценке солеустойчивости плодородных культур. Путем экспедиционных обследований плодовых насаждений на засоленных почвах и изучения физиологических особенностей семян, саженцев, сеянцев и подвоев, выращиваемых в условиях засоления, Д. П. Проценко удалось установить ряд важных закономерностей в явлении солеустойчивости растений. Согласно его данным, солеустойчивые породы и сорта, по сравнению с несолеустойчивыми, характеризуются меньшим содержанием воды, более высокой водоудерживающей силой, повышенным содержанием растворимых углеводов и крахмала. Кроме того, у солеустойчивых пород и сортов устьица остаются открытыми более длительный период, чем у несолеустойчивых.

Важно отметить, что при одинаковом засолении солеустойчивые и несолеустойчивые породы и сорта, судя по характеру плазмолиза, резко различаются по состоянию протоплазмы клеток. У несолеустойчивых пород при высокой концентрации наблюдается разрыв протоплазмы и слипание ее в комочки, тогда как у солестойких пород и сортов таких изменений не происходит.

Обобщая результаты своих исследований, Д. П. Проценко приходит к выводу, что солеустойчивые породы и сорта, по сравнению с несолеустойчивыми, наиболее быстро перестраивают свои жизненные функции, приспособляясь к неблагоприятным условиям засоленной почвы. Несолеустойчивые растения в условиях засоления не способны к быстрому изменению своих жизненных функций, поэтому они нередко погибают даже при сравнительно небольшом засолении.

13. ЗАЩИТНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Многочисленные исследования по физиологии солеустойчивости послужили основой для признания возможности приспособления культурных растений к условиям засоленных почв. После пребывания в условиях засоления растения приобретают ряд отличительных свойств, которые позволяют им переносить повышенное количество солей в почве.

Постепенное засоление небольшими дозами дает возможность растениям (пшеница, ячмень) приспособиться к солевому режиму и в дальнейшем лучше переносить высокое засоление (Гущин, 1938). Возможность приспособления растений (томаты, люцерна) при постепенном засолении была установлена и Е. М. Ковальской (1945).

Приспособительные свойства к засолению у растений легко устанавливаются и по степени разрушения хлорофилла у отрезанных листьев, помещенных на солевых растворах (Строгонов и Остапенко, 1941; Генкель и Колотова, 1943). Дело в том, что у листьев растений в условиях умеренного засоления сильно повышается прочность связи хлорофилла с белками хлоропластов, тем самым обуславливая высокую устойчивость системы хлорофилл — белок (Строгонов и Иваницкая, 1954а).

Одна из своеобразных приспособительных реакций хлопчатника к засоленности почвы состоит в связывании ионов хлора белками (альбумины) зеленого листа (Строгонов и Остапенко, 1941). По мнению П. А. Генкеля (1950а), приспособление растений к засолению и наблюдаемое при этом снижение обмена веществ обусловлено соединением амфотерных белков протоплазмы с катионами и анионами солей, при этом образуются лабильные химические соединения. Кроме того, имеются опыты, указывающие на связывание ионов минеральных солей органическими веществами растительной клетки. Исследование Итона (Eaton, 1930) показало, что удельная электропроводность раствора хлористого калия в присутствии сахарозы уменьшилась на 40% по сравнению с электропроводностью раствора чистой соли. По данным Мезона (Mason, 1919), прибавление раствора хлористого калия к соку растений не давало той электропроводности,

которой можно было бы ожидать, исходя из определения электропроводности в отдельности в растворе хлористого калия и в соке растений. Таким образом, опыты показывают, что сахароза и сок растений обладают свойством связывать ионы минеральных солей.

Исследования Е. И. Ратнера (1950, 1953) установили возможность связывания минеральных ионов с органическими кислотами. Кроме того, по мнению этого исследователя, между галофитами и культурными растениями по реакции их на засоление имеется существенное различие. В частности, суккулентность солянок (сведа) объясняется в основном усиленным поступлением в их органы ионов хлора, тогда как проявление суккулентности у сахарной свеклы вызвано накоплением в органах этого растения главным образом щелочных катионов.

Применяя разработанный нами метод (Строгонов, 1946, 1949), мы установили, что хлор, поступивший в листья хлопчатника, находится как в свободном, так и в связанном состоянии. Количество связанного хлора изменяется по сортам и связано с условиями местообитания растения. На сильно засоленной почве в листьях хлопчатника количество связанного хлора достигает 44% общего содержания его.

14. ЗНАЧЕНИЕ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ ЗАСОЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

До сих пор мы говорили об изменении жизненных функций у растений, произрастающих на засоленных почвах, не подчеркивая специфического действия на растительный организм тех условий, которые создаются различными типами засоления почвы (карбонатное, хлоридное, сульфатное, сульфатно-хлоридное, хлоридно-сульфатное, смешанное).

Как показали наши исследования, проведенные в условиях строго контролируемого вегетационного опыта, разные типы засоления почвы далеко не одинаково действуют на жизнедеятельность растений.

С целью приближения к естественным условиям произрастания хлопчатника при засолении нами были использованы специально приготовленные смеси солей. Для их приготовления были взяты соли: Na_2SO_4 , MgSO_4 ,

CaSO_4 , NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCO_3 , которые, как известно, наиболее часто встречаются в естественно засоленных почвах.

Изменяя соотношение этих солей, мы приготовили смеси, по своему составу соответствующие хлоридно-сульфатному (преобладание сульфатов), сульфатно-хлоридному (преобладание хлоридов), сульфатному и хлоридному засолениям. Различная степень засоления достигалась путем внесения в почву различного количества смеси солей. Контрольные растения выращивались в отсутствие засоления.

Согласно полученным данным, рост и развитие хлопчатника при сульфатно-хлоридном засолении угнетаются в значительно большей степени, чем при хлоридно-сульфатном. При этом торможение роста и развития усиливается с повышением содержания солей в почве (рис. 15 и 16, табл. 18).

Таблица 18

Изменение сухого веса отдельных органов хлопчатника в зависимости от концентрации солей в почве и типа засоления в г на растение

(по Б. П. Строгонову и Е. Ф. Иваницкой, 1954)

Тип засоления	Содержание солей в почве, %	Листья	Стебель + черешки листьев	Плодовые элементы	Общий вес надземных органов	Вес корней	Общий вес целого растения
Контроль (без засоления)	—	5,88	5,74	1,96	13,58	1,54	15,12
Хлоридно-сульфатный	0,3	6,14	5,69	2,65	14,48	1,74	16,22
"	0,5	5,21	5,65	2,70	13,56	1,76	15,32
"	0,8	5,15	4,46	2,90	12,51	1,51	14,02
Сульфатно-хлоридный	0,3	5,20	4,48	2,34	12,02	1,42	13,44
"	0,5	4,58	4,04	3,57	12,19	1,48	13,67
"	0,8	3,62	3,10	1,34	8,06	0,97	9,03

Различные типы засоления обуславливают не только внешний облик, но и разнокачественность солей, накапливающихся в тканях растений.

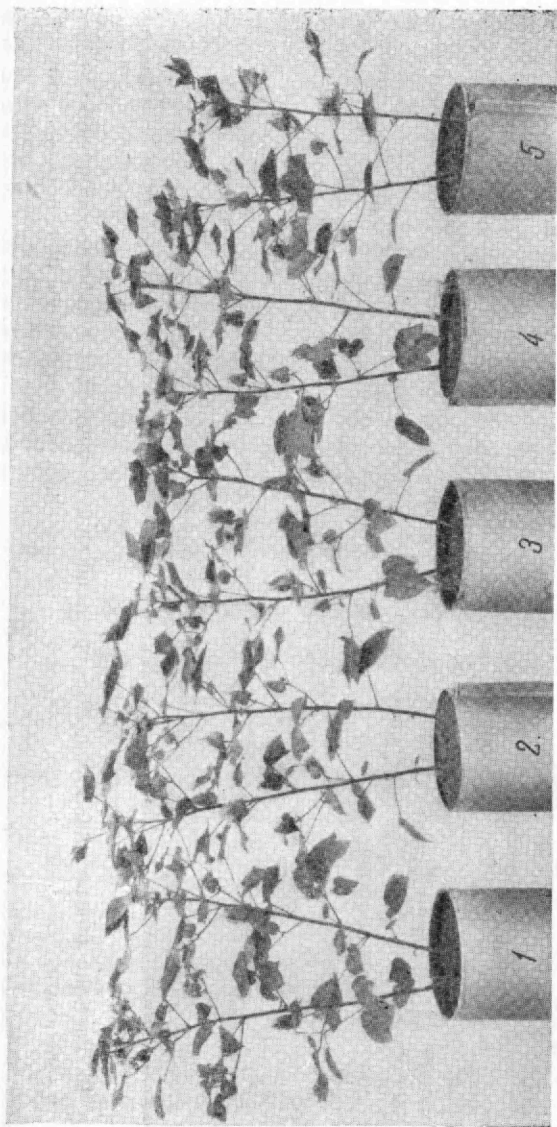


Рис. 15. Растения хлопчатника, выращенные при различной концентрации хлоридно-сульфатного засоления:

1 — контроль (без засоления); 2 — 0,3%; 3—0,5%, 4 — 0,8%, 5—1,4% (по Б. П. Строгонову и Е. Ф. Иванецкой, 1954).

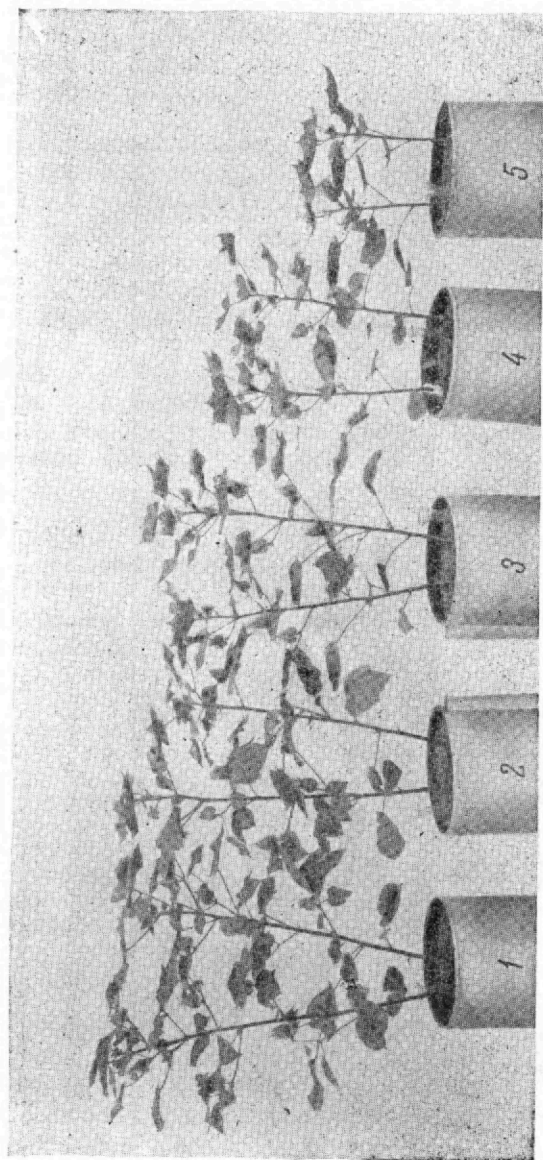


Рис. 16 Растения хлопчатника, выращенные при различной концентрации сульфатно-хлоридного засоления:
1 — контроль (без засоления); 2 — 0,3%; 3 — 0,5%; 4 — 0,8%; 5 — 1,4% (по Строгонову и Е. Ф. Иванников, 1954).

В данном случае наблюдается прямая зависимость между соотношением солей в почве и накоплением Cl' и SO_4'' в органах хлопчатника. В растениях, произрастающих в условиях сульфатно-хлоридного засоления, содержание Cl' значительно выше, чем SO_4'' , тогда как при хлоридно-сульфатном засолении наблюдается обратная закономерность. Следует также отметить, что содержание солей в листьях значительно выше, чем в корнях.

Различные типы засоления оказывают глубокое влияние на анатомическое строение надземных и подземных органов хлопчатника. Преобладание в почве сульфатов формирует признаки ксероморфизма (мелкоклеточность, увеличение числа устьиц на единицу площади, увеличение просветов сосудов стебля); преобладание хлоридов в почве вызывает признаки галосуккулентности (увеличение размеров клеток, уменьшение числа устьиц, разрастание губчатой и столбчатой паренхимы, уменьшение просветов сосудов стебля) (табл. 19; рис. 17, 18 и 19).

Таблица 19

Изменение анатомического строения листа хлопчатника при разных типах засоления

(по Б. П. Строгонову, Е. Ф. Иваницкой и М. К. Керефовой, 1954)

Тип засоления	Содержание солей в почве, %	Площадь листа, см ²	Площадь одной клетки, м ²	Число клеток на всей площади листа, тыс	Число устьиц в поле зрения микроскопа	Размеры замыкающих клеток устьиц, м		Толщина листа, м	Высота паренхимы, м	
						продольный	поперечный		столбчатой	губчатой
Контроль (без засоления)	—	50,2	1812	27704	13,5	28,7	20,9	210,6	90,0	90,8
Сульфатный	0,8	25,1	849	27208	15,0	25,4	20,5	280,8	136,0	137,6
Хлоридный	0,8	20,5	2728	7505	7,4	28,2	20,8	315,8	138,4	149,4

Интенсивность фотосинтеза и дыхание листьев растений в значительной мере определяются условиями выращивания, которые создаются различными типами

засоления почвы. Как показали исследования Е. М. Ковальской (1956), у хлопчатника, произрастающего на сульфатном засолении, интенсивность фотосинтеза и дыхания

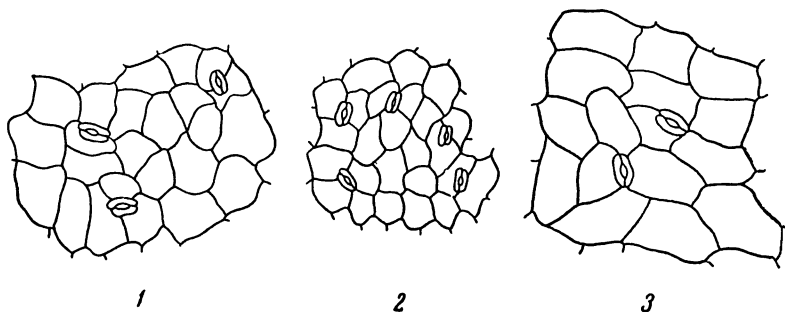


Рис. 17. Изменение размеров клеток верхнего эпидермиса листьев хлопчатника при разных типах засоления:

1 — контроль, 2 — сульфатное и 3 — хлоридное засоление
(по Строгонову, Иваницкой и Керефовой, 1955).

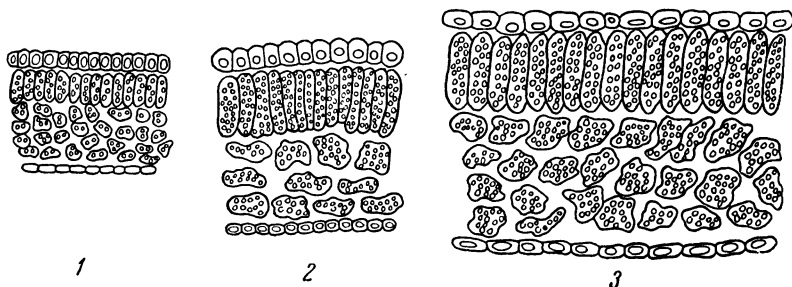


Рис. 18. Изменение анатомического строения листьев хлопчатника при разных типах засоления:

1 — контроль, 2 — сульфатное и 3 — хлоридное засоление
(по Строгонову, Иваницкой и Керефовой, 1955).

значительно выше, чем у растений с хлоридного засоления (табл. 20).

Содержание хлорофилла в листьях растений, так же как и интенсивность фотосинтеза, резко изменяется в зависимости от типа засоления почвы. Листья хлопчатника с сульфатного засоления характеризуются более высоким

Таблица 20

Изменение интенсивности фотосинтеза и дыхания у листьев хлопчатника в зависимости от типа засоления почвы

(по Е. М. Ковальской, 1956)

Тип засоления	Содержание солей в почве, %	Интенсивность, мг СО ₂ на 100 см ² в час	
		фотосинтеза	дыхания
Контроль (без засоления)	—	10,62	2,74
Сульфатный	0,8	17,96	4,66
Хлоридный	0,8	13,63	3,90

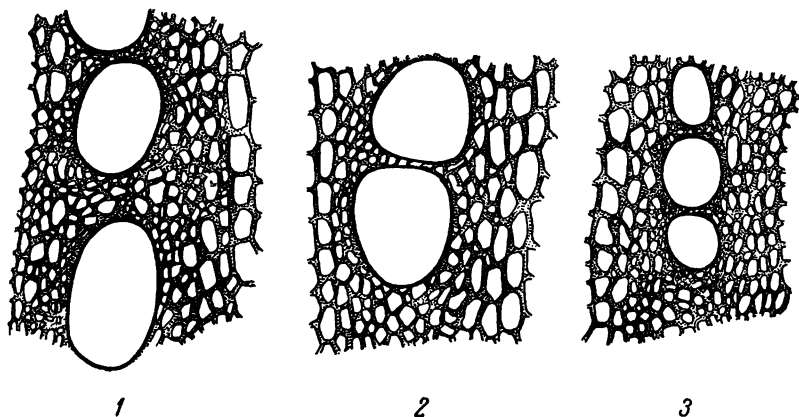


Рис. 19. Изменение анатомического строения древесины стебля хлопчатника при разных типах засоления:

1 — контроль, 2 — сульфатное и 3 — хлоридное засоление
(по Строгонову, Иваницкой и Керефовой, 1955).

содержанием хлорофилла (3,12%), чем с хлоридного (1,96%).

Водный режим растений также зависит от типа засоления почвы (табл. 21 и 22).

Таблица 21

*Изменение водного режима листьев хлопчатника
в зависимости от типа засоления почвы*

(по К. А. Бадановой, 1956)

Тип засоления	Содержа- ние солей в почве, %	Содержание воды, %		
		общей	свободной	связан- ной
Контроль (без засоления)	—	78,2	59,97	40,03
Сульфатный	0,8	79,3	55,48	44,52
Хлоридный	0,8	82,5	48,24	51,76

Таблица 22

*Изменения интенсивности транспирации листьев хлопчатника в
зависимости от типа засоления почвы*

(по Б. П. Строгонову и Е. Ф. Иваницкой, 1955)

Тип засоления	Содержа- ние солей в почве, %	Интенсивность транспирации		
		на целое растение, г за час	на по- верхно- сть листь- ев, г на 1м ² за час	на воду живого растения, % за час
Контроль (без засоления)	—	33,60	258,5	61,60
Сульфатный	0,8	26,40	240,0	63,24
Хлоридный	0,8	10,40	218,9	54,22

У хлопчатника хлоридного засоления повышается содержание общей и связанной воды в листьях и снижается интенсивность транспирации, а у растений сульфатного засоления наоборот.

Снижение интенсивности транспирации у растений с хлоридного засоления находит себе объяснение в исследованиях Арнольда (Arnold, 1955). По данным этого автора, ионы хлора не препятствуют поступлению воды в растение, но снижают интенсивность транспирации.

Следовательно, хлопчатник в условиях сульфатного засоления более энергично поглощает воду из почвы и

значительно интенсивнее расходует ее в процессе транспирации, чем растения хлоридного засоления.

Изменения в водном режиме согласуются с данными по измерению температуры листьев хлопчатника, произрастающего на почвах разных типов засоления. Как показали наши опыты (Строгонов, Клешнин и Иваницкая, 1953), независимо от интенсивности радиации (лампы накаливания) хлоридно-сульфатное засоление вызывает заметное снижение температуры листьев хлопчатника.

При освещении хлопчатника лампами накаливания мезофильные листья, выросшие на незасоленной почве, поглощали лучистой энергии 51,8%, ксероморфные, формирующиеся обычно при сульфатном засолении,— 57,8%, а несколько суккулентные листья, образующиеся при хлоридном засолении,— 65,7% (Клешнин, Строгонов и Шульгин, 1955). Таким образом, энергия, поглощенная листом хлопчатника, в условиях сульфатного засоления расходуется на повышение интенсивности транспирации, что ведет к снижению температуры тканей листа. При хлоридном засолении эта энергия идет главным образом на повышение температуры листьев.

У хлопчатника при сульфатно-хлоридном засолении сосущая сила листа и осмотическое давление клеточного сока сравнительно выше, чем при хлоридно-сульфатном засолении. Обеспеченность водой у растений при сульфатно-хлоридном засолении достигается путем повышения сосущей силы клетки, а при хлоридно-сульфатном — за счет мощноразвитых корневой и водопроводящей систем корня и стебля. Наряду с этим, у растений, произрастающих на различных типах засоления, наблюдаются значительные изменения в вязкости протоплазмы. Резкое повышение вязкости протоплазмы у хлопчатника при сульфатно-хлоридном засолении, по сравнению с хлопчатником при хлоридно-сульфатном засолении, очевидно, следует рассматривать как показатель снижения интенсивности обмена веществ (П. А. Генкель).

Изменения хлопчатника в условиях сульфатно-хлоридного засоления в сторону галосуккулентности сказываются на эластичности протоплазмы. Растения с сульфатно-хлоридного засоления имеют невысокую эластичность протоплазмы по сравнению с хлопчатником, произрастающим в условиях хлоридно-сульфатного засоления. Кроме

того, хлопчатник хлоридно-сульфатного засоления, в отличие от сульфатно-хлоридного, имеет пониженную гидрофильность клеточных веществ, но сравнительно высокую степень устойчивости коллоидных систем.

15. СОЛЕВОЕ ОТРАВЛЕНИЕ ПРИ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОМ ЗАСОЛЕНИИ

С повышением концентрации солей в почве у растений наблюдаются явные признаки солевого отравления, что внешне проявляется в подвядании листьев, в характерном выцветании хлорофилла, в пожелтении и скручивании листьев. Отравленные листья нередко опадают. На сильнозасоленных почвах чрезмерное скопление солей в корнеобитаемой зоне резко подавляет биологическую сопротивляемость растений, вызывая при сочетании определенных условий их гибель. Степень солевого отравления зависит как от биологических свойств растений, так и от концентрации и физико-химических свойств солей. Поэтому следует различать местное и общее солевые отравления. При местном солевом отравлении токсическое действие солей проявляется на отдельных клетках, тканях или органах, не вызывая гибели самого растения. При общем солевом отравлении токсическому действию солей подвергаются все органы, приводя растения к гибели. Кроме того, при явно выраженном солевом отравлении растений в крайне резкой форме может наблюдаться ионный эффект. Под ионным эффектом следует понимать ответную реакцию растений, проявляющуюся в характерном изменении обмена веществ или в специфическом морфолого-анатомическом изменении под влиянием одноименных ионов.

В наших опытах (Строгонов, Иваницкая и Черняева, 1956) ионный эффект в зависимости от типа засоления выражался различно: при внезапном сильном засолении Na_2SO_4 гибель растений сопровождалась отмиранием и сбрасыванием листьев, тогда как при отравлении NaCl отмершие листья не опадали (рис. 20). По-видимому, в данном случае специфическое действие ионов Cl и SO_4 наиболее сильно сказалось на процессах, вызывающих ускорение или замедление образования отделяющего слоя у листьев хлопчатника. Таким образом, при накоплении солей в почве выше определенного предела сопротив-

ляемость растений резко подавляется, вследствие чего проявляется специфическое действие ионов на растительный организм.

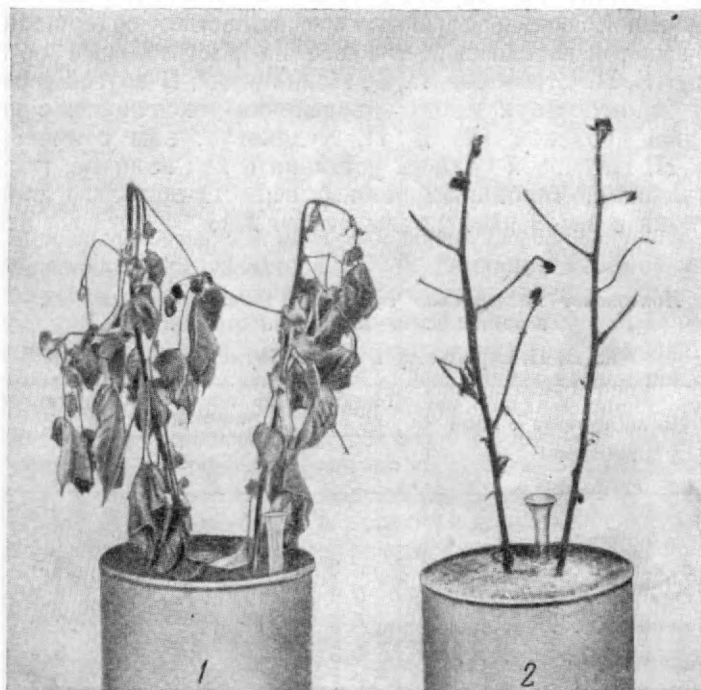


Рис. 20. Реакция хлопчатника на внезапное сильное засоление:

1 — отравление NaCl ; 2 — отравление Na_2SO_4
(по Строгонову, Иваницкой и Чернядовой, 1954).

По нашему мнению, солевое отравление вызвано образованием и накоплением промежуточных продуктов обмена веществ, токсически действующих на растение. К подобным веществам может быть отнесен аммиак, который, накапливаясь в органах хлопчатника в результате интенсивного распада белков при солевом отравлении, дополняет ядовитое действие солей (Строгонов и Остапенко, 1946б; Строгонов, 1949). Токсически действующими

веществами могут быть и органо-минеральные соединения, которые мы называем гербицидоподобными веществами. Применяя способ экстракции этиловым спиртом и соответствующую очистку экстрагированного вещества, удалось выделить из листьев хлопчатника, растущего на засоленной почве, органическое вещество, содержащее хлор и токсически действующее на растительный организм (Б. П. Строгонов, Е. Ф. Иваницкая). В другой серии опытов, используя метод определения токсичности с помощью дрожжей (по Я. П. Худякову), нам совместно с А. Н. Наумовой удалось установить как наличие, так и локализацию гербицидоподобных веществ в органах хлопчатника с засоленной почвы (табл. 23).

Таблица 23

Накопление токсических веществ в органах хлопчатника в зависимости от типа засоления

(по Б. П. Строгонову и А. Н. Наумовой, 1955)

Органы хлопчатника и почва ризосферы	Токсичность по числу мертвых дрожжевых клеток, %		
	контроль	сульфатное	хлоридное
Листья ярусов:			
верхних	0,3	8,3	14,4
средних	0,0	9,7	13,2
нижних	0,0	16,7	22,0
Черешки листьев	0,3	0,0	0,3
Симподии	0,7	0,3	0,8
Стебель	0,0	4,0	7,5
Коробочки	0,7	0,8	0,6
Корни	0,0	6,5	52,7
Почва ризосферы	10,0	15,0	43,2

Интенсивность накопления этих веществ обусловлена типом засоления. У хлопчатника, произрастающего в условиях хлоридного засоления, наблюдается более интенсивное накопление гербицидоподобных веществ, чем у растений сульфатного засоления. Наиболее интенсивное накопление и концентрирование подобных веществ идет в листьях нижних ярусов (сульфатное засоление) и в под-

земных органах (хлоридное засоление). В данном случае клетки корней являются своеобразным центром синтеза гербицидоподобных веществ, которые, поступая в надземные органы, вызывают солевое отравление хлопчатника.

16. ИЗМЕНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОМ ЗАСОЛЕНИИ

Типы засоления почвы в значительной мере изменяют устойчивость растений к разнообразным неблагоприятным условиям внешней среды (засоление, засуха, высокие и низкие температуры).

Используя микроскопический метод определения солеустойчивости, предложенный П. А. Генкелем (1950б), мы установили, что растения, произрастающие на хлоридном засолении, имеют более высокую степень солеустойчивости по сравнению с растениями сульфатного засоления (Строгонов и Иваницкая, 1956). Так, например, у растений сульфатного засоления все клетки тканей листа, находящихся в одномольном растворе хлористого натрия, погибли через 14 часов. При тех же условиях клетки тканей растения с хлоридного засоления даже через 20 часов погибают не все, свыше 25% остаются живыми. Этот факт свидетельствует о том, что условия хлоридного засоления способствуют значительному повышению солеустойчивости растений.

Иная закономерность наблюдается при определении засухоустойчивости растений, произрастающих на почвах разных типов засоления, о чем говорят данные о способности тканей растений выносить обезвоживание.

Живых клеток у растений сульфатно-хлоридного засоления после обезвоживания тканей остается значительно меньше (14,6%), чем у растений хлоридно-сульфатного засоления (26,5%). Отмирание клеток у этих растений наступает при более высоком содержании воды в тканях, чем у растений хлоридно-сульфатного засоления. Таким образом, у растений с сульфатно-хлоридного засоления резко уменьшается устойчивость к обезвоживанию, что приводит к снижению их засухоустойчивости.

Не менее интересные результаты были получены К. А. Бадановой (1956). Она установила, что у растений, произрастающих при хлоридном засолении, в большей

мере снижается жароустойчивость и холодоустойчивость, чем при сульфатном (табл. 24).

Таблица 24

*Изменение жароустойчивости и холодоустойчивости
листьев хлопчатника в зависимости от типа засоления почвы*
(по К. А. Бадановой, 1956)

Тип засоления	Содержание солей в почве, %	Жароустойчивость (Т° гибели клеток)	Холодоустойчивость (время гибели клеток при —2° С. мин.)
Контроль (без засоления) .	—	50	90
Сульфатный	0,8	46	80
Хлоридный	0,8	43	65

Иначе говоря, растение с сульфатного засоления характеризуется повышенной устойчивостью к высоким и низким температурам. Таким образом, повышение солеустойчивости растений, произрастающих на хлоридном засолении, сопровождается снижением сопротивляемости к высоким и пониженным температурам. Подобные факты свидетельствуют о глубоком воздействии различных типов засоления на внутренние свойства растений, обуславливая тем самым разнообразие ответных реакций на специфические условия внешней среды.

Обобщая установленные факты, можно сделать вывод, что своеобразные условия произрастания, создаваемые различными типами засоления, оказывают глубокое воздействие на внутренние свойства и внешний облик растения, определяя тем самым и характер его приспособления к засоленности почвы. Вследствие этого растение в процессе роста и развития приспосабливается к определенному типу засоления. В условиях засоления при скоплении сульфатов в почве хлопчатник подвергается в большей мере осмотическому воздействию, тогда как при накоплении хлоридов в первую очередь проявляется токсическое действие солей. Поэтому реакция хлопчатника на засоление определяется не столько общей концентрацией солей в почве, сколько их соотношением.

17. ХЛОПЧАТНИК В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОМ ЗАСОЛЕНИИ

Опыты по влиянию различных типов засоления на хлопчатник проводились не только в условиях искусственного засоления почвы, но и в условиях поля. Результаты исследований по физиолого-анатомической характеристике хлопчатника, произрастающего на полях с хлоридно-

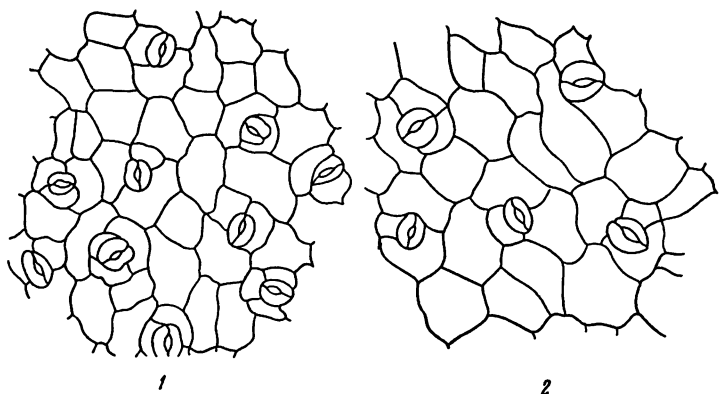


Рис. 21. Изменение размеров клеток верхнего эпидермиса листьев хлопчатника при разных типах засоления:

1— хлоридно-сульфатное засоление (Ширванская зональная опытная станция);
2 — сульфатно-хлоридное засоление (Муганская зональная опытная станция)
(по Строгонову и Мурадовой, 1956).

сульфатным (Ширванская зональная опытная станция) и сульфатно-хлоридным засолениями (Муганская зональная опытная станция) свидетельствуют о влиянии разнокачественности засоления почвы на развитие растений (Строгонов и Мурадова, 1956).

У растений, произрастающих на разных типах засоления, при практически одинаковом содержании солей в почве, но при разном соотношении ионов SO_4 и Cl в почве резко изменяются рост, развитие и формирование урожая.

На естественнозасоленных почвах, как и в вегетационных опытах, мы можем наблюдать, что физиолого-анатомические свойства растений изменяются в зависимости от соотношения солей в почве. В условиях хлоридно-сульфатного засоления, при ярко выраженном преобладании

SO₄, внутренние свойства и внешние признаки растений изменяются в сторону ксерофитизма, а на сульфатно-хлоридном — в сторону галофитизма (рис. 21). Подобные изменения в жизнедеятельности хлопчатника резко отражаются и на урожае хлопка-сырца (табл. 25).

Таблица 25

Урожай хлопчатника при разных типах засоления почвы
(по Б. П. Строгонову и Н. Д. Мурадовой, 1956)

Тип засоления	Степень засоления	Число растений, тыс на га	Вес хлопка-сырца, г		Урожай хлопка-сырца, ц/га
			одной коробочки	с одного куста	
Хлоридно-сульфатный	Очень слабая	77,4	5,6	61,6	47,7
»	Средняя	65,2	4,6	46,0	30,0
Сульфатно-хлоридный	Очень слабая	69,5	5,2	72,8	50,6
»	Средняя	59,0	4,1	26,7	15,7

Данные табл. 25 показывают, что в условиях сульфатно-хлоридного засоления создаются наименее благоприятные условия для роста, развития и формирования урожая. Именно в этих условиях, по сравнению с хлоридно-сульфатным засолением, наиболее сильно уменьшается густота стояния растений, падает вес одной коробочки, а с возрастом степени засоленности почвы резко снижается урожай хлопка-сырца.

18. ЗНАЧЕНИЕ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ ЗАСОЛЕНИЯ ДЛЯ НИЗШИХ ОРГАНИЗМОВ

Как мы говорили, внешний облик растения и его морфолого-анатомические изменения свидетельствуют о специфическом действии засоления. Характерная особенность растений, произрастающих в условиях преобладания сульфатов, — наличие признаков ксероморфизма, при преобладании же хлоридов появляются признаки галосуккулентности. Создается впечатление, что типы засоления являются своеобразными формообразующими факторами,

создающими экологические формы растений в пределах сорта с характерными морфолого-анатомическими и физиологическими признаками.

Почвенные микроорганизмы, как и высшие растения, по-разному реагируют на различные типы засоления почвы (табл. 26).

Таблица 26

Состав микрофлоры почвы с растениями и без растений при разных типах засоления почвы (вегетационный опыт)

(по А. Н. Наумовой, Б. П. Строгонову, 1955)

Вариант опыта	Тип засоления	Обрастание комочков почвы азото-бактером, %	Количество микроорганизмов, тыс на 1 г сухой почвы						
			нитрифицирующие бактерии	сульфатредуцирующие бактерии	миксобактерии (разрушающие клетчатку)	бактерии		актиномицеты	грибы
						не спорообразующие	спорообразующие		
С хлопчатником . .	Контроль (без засоления)	80	1370	0	66	5480	932	562	15,7
То же	Сульфатный	68	137	12800	31	3891	1637	822	14,0
»	Хлоридный	42	142	1260	12	1491	639	125	12,8
Без хлопчатника . .	Контроль (без засоления)	27	1450	44	89	4205	1420	870	31,0
То же	Сульфатный	20	1450	43500	78	3335	1435	943	6,0
»	Хлоридный	16	480	1600	26	1451	873	118	13,0

При определенном содержании солей в почве (0,8%) на сульфатном засолении создаются значительно лучшие условия для жизнедеятельности микроорганизмов, чем при хлоридном. Корни растений, произрастающих на разных типах засоления почвы, в результате измененного обмена веществ, выделяют во внешнюю среду вещества с неодинаковой интенсивностью и различной биологической значимости для микроорганизмов. И поэтому в ризосфере растений, произрастающих на разных типах засоления почвы, бактериальный и грибной состав изменяется как в количественном, так и в качественном отношении.

Г л а в а III

БОРЬБА С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВЫ

1. МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЧАКОВ

Многообразные меры борьбы с засолением имеют цель, с одной стороны, удалить из почвы вредные соли, а с другой, не допустить вторичного засоления.

При освоении новых земель и ранее используемых сильнозасоленных почв в первую очередь учитываются глубина залегания грунтовых вод и степень их минерализации. При залегании грунтовой воды на глубине 20—30 м и более рассоление почвы ведется путем применения промывных поливов. В настоящее время это является единственным эффективным средством удаления солей из корнеобитаемой зоны и повышения урожая культурных растений, что хорошо видно на примере хлопчатника (табл. 27).

Таблица 27

Влияние промывок на урожай хлопчатника, ц/га
(по Б. С. Конькову, 1948)

Вариант опыта	Хорезмская опытная станция, 1934 г.	Ташаузское опытное поле, 1937 г.	Бухарское опытное поле, 1935 г.	Пахта-Аральское опытное поле		Золотоордынская ме- лиоративная станция, 1937 г.	Федченковское опыт- ное поле, 1937 г.	В среднем по всем точкам
				1938 г.	1939 г.			
Без промывки	20,96	13,46	11,4	42,4	27,9	11,75	15,7	20,51
С промывкой	24,12	19,44	13,8	50,9	37,8	15,78	27,4	27,03
В % к контролю (без промывки)	115,1	144,4	121,0	117,7	135,5	134,3	174,5	131,8

Перед промывкой поле должно быть хорошо вспахано, в противном случае на отдельных бугорках даже при высоте их в 10 см будут скапливаться и образовываться солончаковые пятна. При промывках вредные соли вместе с водой опускаются значительно ниже корнеобитаемого слоя, и вредное действие их на растение после этого не проявляется.

При близком залегании грунтовых вод и в отсутствии их оттока промывка почвы сопровождается обычно устройством коллекторно-дренажной сети. Основное назначение дрен заключается в отводе и снижении уровня грунтовой воды. По мере скопления соленых грунтовых вод в дренах они выводятся по коллекторной сети за пределы освоенной территории, а уровень грунтовой воды опускается.

Устройство дрен при освоении сильно засоленных почв крайне необходимо, в противном случае при промывках излишек воды может вызывать подъем соленых грунтовых вод настолько, что они выйдут на поверхность почвы. При отсутствии дрен уровень грунтовых вод снижается медленно, а растворенные в них соли остаются на поверхности и в корнеобитаемом слое почвы, вследствие чего почва вместо рассоления еще сильнее засоляется. Поэтому устройство коллекторно-дренажной сети при освоении сильнозасоленных земель с близким залеганием грунтовой воды является обязательным.

Дрены могут быть горизонтальными и вертикальными. Горизонтальные дренажи делаются открытого и закрытого типов. В настоящее время наиболее широко распространен открытый дренаж: канавы глубиной от 1 до 3 м. При устройстве закрытых дрен применяются гончарные трубы диаметром в 10—15 см. При глубине дрен в 1—1,2 м и при сильном засолении они устраиваются обычно на расстоянии 80—100 м одна от другой, а более глубокие дренажи (2—2,5 м) располагаются одна от другой на расстоянии 300—400 м. Дрены выполняют свое назначение только в том случае, если уровень дна их будет находиться ниже уровня грунтовой воды и с некоторым уклоном к месту сбора грунтовых вод.

При этих условиях грунтовая вода будет скапливаться в дрене и по мере ее накопления самотеком выходить за пределы поля.

Вертикальные дрены в настоящее время используются значительно реже, чем горизонтальные. Этот вид дрена представляет собой буровую скважину глубиной в некоторых случаях до 70—80 м, в которую опускается железная труба диаметром в 25—50 см. Вертикальная дрена

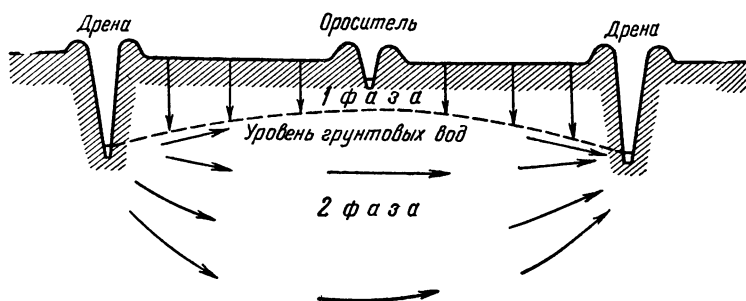


Рис. 22 Схема двух фаз промывки засоленных почв в дренажных условиях (по Долгову, 1954).

закладывается с таким расчетом, чтобы она достигала водоносного слоя из галечника, гравия или песка. Грунтовая вода из скважины откачивается глубинным насосом и выводится за пределы культурной территории. После откачки воды из вертикальной дрены уровень грунтовой воды вокруг нее снижается на площади до 200 га.

В дренажных условиях процесс промывки почвы, как указывает С. И. Долгов, распадается на две фазы (рис. 22). Первая фаза — удаление солей из корнеобитаемой зоны — занимает в зависимости от степени засоленности почвы, числа промывок на сброс избытка грунтовых вод в дрены и на снижение их уровня от 1 до 2 месяцев. В результате соли из корнеобитаемого слоя вымываются в зону грунтовых вод. Вторая фаза — вынос отмытых солей с грунтовой водой в дрены и вывод ее за пределы поля — занимает уже от 15 до 20 лет. Это объясняется тем, что грунтовая вода от дрен передвигается медленно. В некоторых районах Закавказья скорость ее не превышает в среднем 10 см в сутки или 36,5 м в год.

Таким образом, если расстояние между дренами будет составлять 500 м, то вынос солей с участка со свободно движущейся водой будет продолжаться 14—15 лет. При

затрудненном движении грунтовой воды с растворенными в ней солями для полного рассоления почвы требуется еще более длительный промежуток времени.

Вот почему коренное улучшение солевого режима почвы не может быть достигнуто в один-два года. За этот период времени может быть опреснен, как правило, лишь верхний корнеобитаемый слой. На такой почве можно получать хорошие урожаи сельскохозяйственных культур только при условии строгого соблюдения правил водопользования и равномерного распределения поливной воды по орошаемому участку. При неравномерном поливе участка, особенно при переполивах, грунтовые воды и капиллярные токи воды могут вынести соли вновь в верхний корнеобитаемый слой почвы, и произойдет вторичное засоление.

Промывку почвы обычно проводят в осенне-зимний период. Уровень грунтовых вод в течение года непрерывно изменяется (рис. 23). В период сентября — декабря грунтовые воды залегают обычно наиболее глубоко. Этот период и является наиболее благоприятным временем для промывки засоленных почв. Проведение промывок при более близком залегании грунтовых вод не дает возможности воде быстро проникать в нижние горизонты почвы. В этом случае возникает необходимость в мероприятиях по снижению уровня грунтовых вод. Иначе замедляется промывка почвы, увеличивается расход промывной воды и не исключается возможность подъема солей в верхние слои почвы, т. е. вторичного засоления.

Количество воды, необходимой для промывки засоленной почвы, изменяется в зависимости от ее механического состава и степени засоленности. На более тяжелых и засоленных почвах требуется и большее количество промывной воды (рис. 24).

В числе мероприятий по снижению и предупреждению подъема грунтовых вод видную роль играют ползащитные лесные полосы. Древесные насаждения вдоль крупных каналов являются своеобразным биологическим дренажем. Глубоко проникающие корни деревьев перехватывают фильтрационную пресную воду из оросительных каналов и расходуют ее в процессе испарения. Благодаря большой листовой поверхности, т. е. обилию листьев на деревьях, один гектар древесных насаждений,

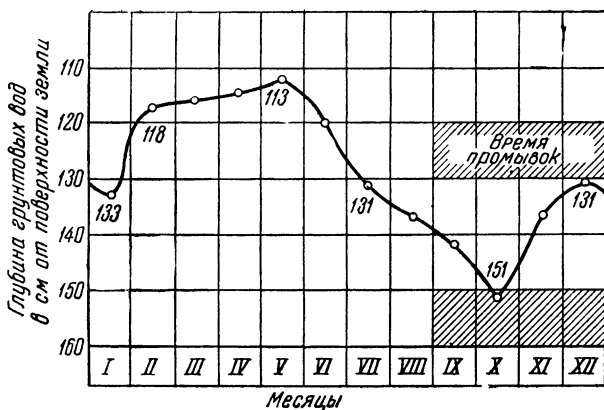


Рис. 23 Изменение глубины грунтовых вод в течение года (по Есипову, 1951)

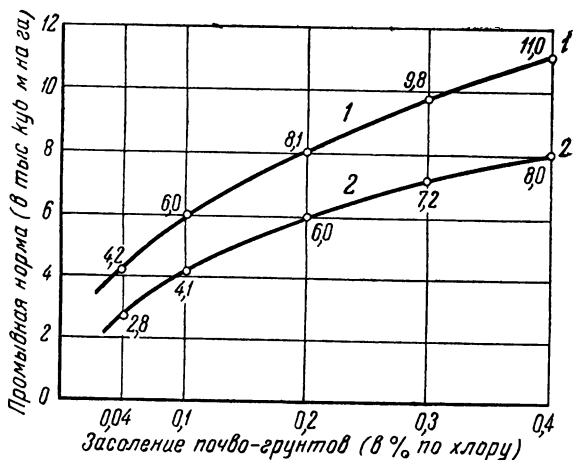


Рис. 24. Промывные нормы (в тыс. куб. м на га) для почво-грунтов для различной степени засоленности:

1 — тяжелые и 2 — легкие почвы (по Есипову, 1951).

испаряет до 20 тыс. куб. м воды за вегетацию. Вследствие этого, уровень грунтовой воды под каналом и вблизи него заметно снижается. Таким образом, древесные насаждения способствуют снижению уровня грунтовой воды на 1—2 м, что ведет к ослаблению процессов засоления почвы.

При освоении труднопромываемых засоленных земель, когда требуется большое количество воды, промывку почвы совмещают с возделыванием риса. При этом удачно сочетается рассоление почвы и получение высокого урожая этой культуры. Однако бессистемные посевы риса очень опасны, так как они могут явиться причиной возникновения вторичного засоления. Рис обычно возделывается при непрерывном затоплении: на поле дается значительно больше воды, чем может вместить и удержать почва. Излишек воды просачивается в глубь и способствует подъему грунтовых вод. При неправильном возделывании может произойти засоление окружающих полей на территории в 3—7 раз большей, чем площадь, занятая под рисом. Во избежание этого рекомендуется выращивать эту культуру на участках в конце оросительной системы.

В отличие от солончаков солонцы требуют иных мероприятий для использования их под сельскохозяйственные культуры. Улучшение солонцов проводится путем применения химической мелиорации, сопровождающейся промывками. При химической мелиорации применяют обычно серу, гипс, известь и гипсовоизвестковые горизонты подпочвы.

2. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ

Повышение плодородия засоленных почв не ограничивается только удалением солей и понижением уровня соленосных грунтовых вод. На них и после промывок все же остается некоторое количество вредных солей. К тому же вода во время промывок оказывает отрицательное действие на структуру почвы и вымывает часть питательных веществ, необходимых для растений.

Поэтому на рассоленных почвах применяются дополнительные мероприятия, повышающие их плодородие.

С целью улучшения структуры почвы и обогащения ее питательными веществами вносится навоз и разнообраз-

разные местные удобрения. Кроме того, на рассоленных почвах вводится специальный переходный севооборот, в котором используются так называемые растения-освоители.

В качестве освоителей используются такие солеустойчивые растения, как люцерна, суданка, шабдар, подсолнечник, свекла, озимый ячмень, сорго, чумиза и многие другие культуры. Культуры-освоители способствуют рассолению, обогащают почву питательными веществами и восстанавливают ее структуру. При сочетании мелиоративных и агротехнических мероприятий такие растения, как люцерна, могут способствовать рассолению почвы и значительно повысить ее плодородие.

У люцерны образуется большое количество зеленой массы, на что расходуется очень много воды. Поэтому это растение быстро иссушает верхние слои почвы и благодаря мощно развитым корням использует воды нижних горизонтов. Густой травостой люцерны значительно сокращает испарение влаги самой почвой, в результате чего уменьшается капиллярное поднятие воды с растворенными в ней солями в верхние горизонты. Рассолению почвы способствуют и очередные поливы люцерны. Все это вместе взятое снижает содержание солей в почве до 60—70%.

Кроме того, на люцерновом поле после распашки на каждом гектаре остается до 10 т пожнивных остатков и корней, которые по содержанию питательных веществ равноценны 50 т навоза. Но особенно важно то, что почва после люцерны становится более структурной. Благодаря наличию большого количества органических веществ, распыленные частицы почвы образуют прочные комочки и, таким образом, создается структурность.

Представляет интерес и то, что люцерна снижает степень ядовитости одних солей и повышает растворимость других. Так, например, при обогащении почвы углекислотой, выделенной корнями люцерны, такая сильноядовитая соль, как карбонат натрия, переходит в менее ядовитую — бикарбонат натрия. При этом снижается щелочность почвенного раствора и усиливается растворимость карбоната кальция вследствие перехода его в более растворимую соль — бикарбонат кальция. Углекислота создает также условия для дополнительного растворения

труднорастворимых солей фосфора. Кроме того, корни люцерны, как и многие другие травы с глубоко проникающей корневой системой, извлекают из глубоких горизонтов почвы кальций и выносят его в верхние слои почвы, улучшая тем самым ее структуру. Подобным свойством восстанавливать плодородие почвы обладают многие травы, особенно, травосмеси.

Как известно, люцерна в молодом возрасте крайне не-солеустойчива. Вследствие этого на солончаковых пятнах семена люцерны часто не прорастают, и почва не рассоляется. Поэтому представляет интерес небольшой опыт с пересадкой люцерны, который провел в 1953 г. В. Е. Бессмертный. Опыт заключался в следующем: после удаления надземной массы в первой половине октября с глубины 10—12 см были выкопаны подземные части люцерны, которые хранились в подвале при температуре 5—10° С до конца ноября, а затем высаживались на такырную засоленную почву. С ранней весны пересаженные растения стали нормально расти и развиваться. Осенью эти растения дали хорошую надземную массу и семена. В то же время люцерна, посеянная семенами весной на аналогичном участке, дала небольшую надземную массу. Следовательно, используя способ пересадки люцерны, можно будет повысить густоту стояния растений на участках с пятнистым засолением.

Интересный опыт по освоению засоленных перелогов с помощью шабдара описывает М. Варламов (1951). Осенью 1949 г. под опыт был выделен участок, сплошь покрытый большим налетом солей. Участок был соответствующим образом вспахан, полит и засеян шабдаром. Весной высота травостоя достигала 50 см, а содержание хлора в почве снизилось с 1 до 0,01%. После уборки травы поле вспахали и засеяли хлопчатником. С контрольной делянки без трав был получен урожай хлопка-сырца 15,8 ц/га, а с делянки с посевом шабдара — 44,5 ц/га.

Некоторые растения-освоители характеризуются высокой солеустойчивостью, и их нередко рекомендуют использовать в качестве биологических рассолителей засоленных почв. Рассоление почвы с помощью растений называют фитомелиорацией. К фитомелиораторам относят, например, австралийскую лебеду. Есть указание на то, что в надземных органах лебеды, растущей на засоленных

почвах, содержание солей доходит до 33% от сухого веса. Таким образом, 5 т сена лебеды в среднем уносят из почвы 1 т солей. Подсчитано, что после нескольких лет возделывания лебеды засоленная почва становится пригодной для выращивания на ней менее солеустойчивых культурных растений.

Однако применение фитомелиорации как средства борьбы с засолением почвы, если оно прогрессирует, не может иметь практического значения. Действительно, некоторые солеустойчивые растения способны произрастать на сильнозасоленной почве и накапливать в своих органах огромное количество солей. Вынос солей подобными растениями невелик, так как запас их в засоленной почве весьма значителен. Кроме того, по мере выноса солей растениями из корнеобитаемой зоны она может вновь пополняться солями за счет нижележащих слоев почвы и грунтовых вод.

Таким образом, растения-освоители далеко не всегда рассоляют почву, но при выращивании их создаются условия для ее рассоления. Эти условия возникают в результате того, что растения-освоители могут произрастать на сильнозасоленных почвах и давать такую надземную массу, которая, затеняя почву, резко снижает расход воды самой почвой. При этом сильно падает поступление солей и в корнеобитаемую зону. Кроме того, агротехнические мероприятия, применяемые при выращивании этих растений, и, в первую очередь, поливы значительно способствуют рассолению почвы.

Дальнейшая задача заключается в том, чтобы окультуренные и плодородные почвы с высоким стоянием грунтовых вод не подвергались вторичному засолению. Все разнообразные мелиоративные и агротехнические мероприятия направляются на предупреждение подъема грунтовых вод в корнеобитаемый слой почвы.

Несоблюдение правил водопользования и низкий уровень агротехники способствуют подъему грунтовых вод. Скорость их подъема может быть очень большой. Так, например, в Голодной Степи в начале освоения она составляла 2 м в год. Наблюдения показывают, что если в летние месяцы уровень грунтовых вод не поднимается выше 2,5—3 м, вторичного засоления почв обычно не возникает. Поэтому крайне необходимо избегать переполива поч-

вы. Каждый тип почвы имеет свою определенную влагоемкость, т. е. способность удерживать воду. И если воды дается больше, чем почва способна ее удерживать, она фильтруется в грунт и со временем достигает грунтовой воды, вызывая ее подъем.

В последнее время начинают применять новый способ орошения путем дождевания — подачи воды на поле в виде искусственного дождя с помощью специальных дождевальных установок. Это улучшает водно-воздушный режим почвы, уменьшает расход оросительной воды, в то же время удовлетворяя потребность в ней растений. Кроме того, при дождевании снижается уровень грунтовых вод. При таком способе полива урожай хлопка-сырца на засоленных участках был на 4—5, а трав на 4,7 ц/га больше, чем при поливе по бороздам (Рымарь, 1953).

Для орошаемых районов существенное значение имеет количество вредных солей в воде, используемой для поливов. Нередко в зоне с обширной территорией засоленных почв источники орошения содержат большое количество солей, поэтому соленая вода малоприспособлена для орошения. Известно, что если в 1 л воды содержится больше 1 г солей, то пользоваться ею надо осторожно. Содержание солей более 3 г на 1 л делает воду практически непригодной для поливов. Однако многие сельскохозяйственные культуры могут орошаться водой и при содержании солей до 10 г на 1 л. Пользование подобной водой требует особой осторожности и дополнительных мероприятий по периодическому удалению из почвы излишков вредных солей. О вредном влиянии грунтовой соленой воды, используемой для полива хлопчатника, свидетельствуют данные табл. 28.

Обычно на засоленных почвах и на почвах, склонных к засолению, рекомендуется избегать чрезмерного увлажнения. Излишек воды в почве нередко способствует в большей мере вторичному засолению, чем повышению урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому рациональное использование воды в орошаемом земледелии является по сути дела основным средством борьбы со вторичным засолением. С этой точки зрения имеют большое значение агротехнические мероприятия, направленные на сохранение почвенной влаги. В орошаемых районах подобные мероприятия способствуют экономии воды и

Таблица 28

*Урожай хлопчатника в зависимости от полива его
грунтовой водой с различным содержанием солей
(по Б. С. Конькову, 1948)*

Концентрация солей в грун- товой воде, г/л плотного ос- татка	Слабозасоленная		Среднезасоленная	
	ц/га	% от контроля	ц/га	% от контроля
Контроль	21,77	100	19,87	100
4—5	21,13	97	16,97	85
8—10	19,60	90	14,65	74
18—20	19,05	87	15,81	80
30—35	16,19	74	13,36	67

предохраняют почву от засоления, в неорошаемых они создают лучшие условия для водоснабжения растений и дают возможность получать удовлетворительные урожаи на умереннозасоленных почвах.

Хорошим мероприятием по сохранению влаги является мульчирование почвы. В качестве мульчи используется навоз, торф, солома (в измельченном виде), мякина, думальная земля или просто рыхлая почва. Это способствует сохранению влаги и создает лучший тепловой режим почвы, предохраняя ее от вторичного засоления. Нередко с целью затенения почвы применяют загущенные посевы зерновых культур и трав. В местности, где рано поспевают зерновые, делаются повторные посевы на зеленое удобрение. Наряду с этим правильная и своевременная обработка почвы является надежным средством борьбы за сохранение влаги и препятствует подтягиванию солей в корнеобитаемую зону растений.

Своеобразные условия засоленных почв вызывают нередко необходимость в разработке специальных агротехнических мероприятий по возделыванию сельскохозяйственных культур.

В условиях засоления большое значение имеет глубина обработки почвы. Специальные опыты показывают, что ранневесенняя глубокая вспашка улучшает физические

свойства засоленных почв. Глубокая вспашка разрушает образующийся на засоленных почвах уплотненный подпахотный слой и увеличивает зону промачивания, повышая тем самым запас воды в почве. При этом растворимые соли с верхних слоев почвы вымываются в более глубокие, вследствие чего происходит рассоление корнеобитаемой зоны растений. Все это создает условия для повышения урожая сельскохозяйственных культур на засоленных почвах.

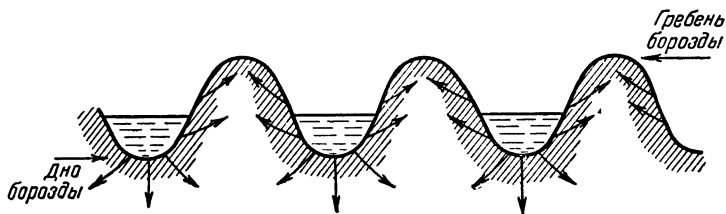


Рис. 25. Схема движения и накопления солей на гребнях борозд при поливе (по В. А. Ковда, 1946).

На засоленных почвах имеют большое значение и способы посева семян. В частности, неоднократно делались попытки разработать способы посева семян хлопчатника на засоленных почвах.

Как известно, при орошении хлопчатника на засоленных почвах легко растворимые соли скапливаются в верхней части гребней (рис. 25). Учитывая это явление, в свое время были испытаны разнообразные способы посева семян хлопчатника на засоленных почвах, которые в большинстве случаев дали хорошие результаты.

В настоящее время некоторые авторы настоятельно рекомендуют способ посева семян хлопчатника на дно и в бок борозды. Такой способ посева создает лучшие условия для прорастания семян и роста молодых растений, так как они развиваются при меньшем содержании солей в почве. По сообщению В. Редкина и Б. Фирсова (1953), подобный способ посева дает возможность получать на больших площадях полноценные всходы и вырастить богатый урожай хлопчатника.

На основании наших опытов (Строгонов, Наумова, Муратова, 1954) мы рекомендуем посев семян хлопчат-

ника на засоленных почвах производить не рядовым, а гнездовым способом. При таком способе посева в каждом отдельном гнезде наблюдается своеобразное самоизреживание, в основе которого лежит различная степень солеустойчивости растений (рис. 26).

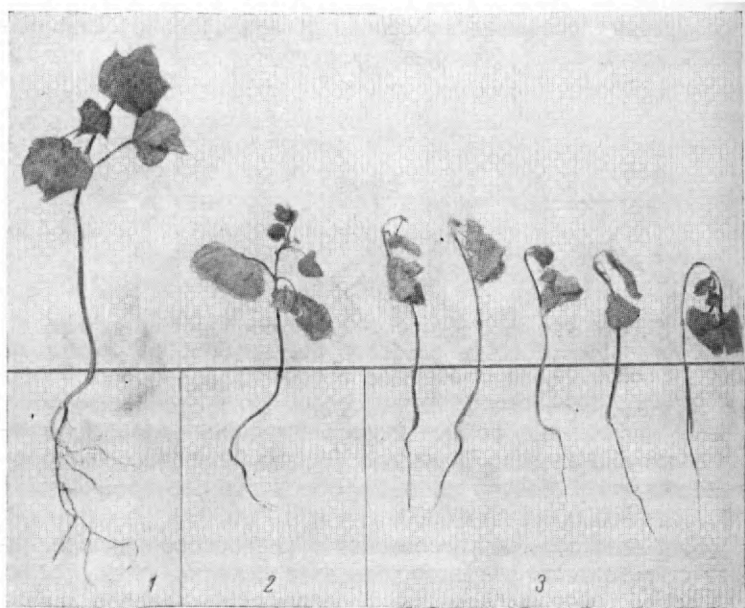


Рис. 26. Состояние кустов хлопчатника, произрастающих в одном гнезде на сильно засоленной почве:

1 — без внешних признаков солевого отравления, 2 — с явными признаками солевого отравления, 3 — погибшие в результате солевого отравления
(по Строгонову, Наумовой, Муратовой, 1954)

В одном и том же гнезде можно было наблюдать различную степень угнетения и гибель растений с характерным проявлением солевого отравления. Наряду с этим в гнездах отдельные растения имели относительно нормальный вид и четко вырисовывались среди погибших растений на почве с выцветами солей. Это позволяет оставлять в гнезде во время прореживания наиболее раз-

витые и жизнеспособные растения, т. е. наиболее солеустойчивые.

Исследования микрофлоры показали, что гнездовой посев семян хлопчатника на засоленных почвах повышает деятельность ряда групп почвенных микроорганизмов. Это особенно заметно на увеличении числа сапрофитных бактерий, азотобактера, нитрифицирующих бактерий и актиномицетов. Благодаря гнездовому посеву в засоленных почвах создается микробиологический режим, приближающий их к незасоленным.

В районах, где наблюдается образование почвенной корки, гнездовой посев обеспечивает получение наиболее дружных и полноценных всходов хлопчатника. При выходе на поверхность группы проростков сравнительно легко разрушается почвенная корка, что способствует проникновению воздуха в зону роста корешков. При хорошей проветриваемости почвы заметно снижается вредное действие солей на рост хлопчатника.

Кроме того, на более засоленных почвах с большим числом солончаковых пятен следует высевать сухие, а не замоченные семена. Набухшие семена в условиях засоления теряют часть воды (см. табл. 16), вследствие чего задерживается прорастание, а часть их гибнет. В этом убеждают нас полевые наблюдения и лабораторные опыты.

Таблица 29

Изменение содержания воды у незамоченных семян хлопчатника в условиях сильного засоления в % на абсолютно-сухой вес семян
(по Б. П. Строгонову, 1950)

Сорт	Содержание воды					
	перед посевом	после посева (число дней)				
		3	6	9	12	15
1363	6,0	44,27	45,51	45,51	46,46	47,32
2172	5,82	43,00	44,45	44,96	45,76	48,40
2126	5,43	40,21	41,18	42,82	45,28	46,63

В табл. 29 представлены результаты опытов по определению содержания воды в сухих семенах, высеянных в сильно засоленную почву. Определение содержания воды проводилось через каждые три дня в непроросших семенах, а проросшие из опыта исключались. Сопоставление данных табл. 16 и 29 показывает, что в условиях сильного засоления у замоченных семян наблюдается постепенное снижение содержания воды, а у сухих — возрастание.

Это объясняется тем, что сосущая сила почвенного раствора значительно превышает силу насаживания семян, поэтому почвенный раствор оттягивает некоторое количество воды из семян, и они частично обезвоживаются. Сухие семена, высеянные в засоленную почву, постепенно набухают в почвенном растворе, вследствие чего исключается возможность их обезвоживания и его вредного последствия на рост и плодоношение хлопчатника.

Кроме того, подвергаясь действию солей с момента набухания и прорастания семян, растение постепенно приспособляется именно к тем условиям, при которых будет проходить его дальнейший рост и плодоношение, что имеет большое значение при неравномерном засолении почвы в пределах поля.

Естественно, что посев сухими семенами должен производиться в достаточно увлажненную почву; это достигается более ранними сроками посева, когда в почве имеется достаточное количество влаги.

Данные результатов этих опытов свидетельствуют, что гнездовой посев и посев сухими семенами в пересчете на гектар может дать значительную прибавку урожая хлопка-сырца (табл. 30).

Некоторые ученые в качестве средства повышения урожайности культурных растений на засоленных почвах рекомендуют проводить предпосевную замочку и яровизацию семян в растворах питательных веществ. По данным Х. Аманова (1942б), предпосевная яровизация семян хлопчатника в растворах марганцевокислого калия (0,075%), суперфосфата (2,5%) и в смеси растворов вышеуказанных концентраций марганцевокислого калия и суперфосфата повышает урожай хлопчатника на засоленных почвах на 25—60%.

*Влияние способа посева семян хлопчатника
на урожай хлопка-сырца в условиях засоления*
(по Б. Строгонову, А. Наумовой, В. Муратовой, 1954)

Варианты опыта	Содержание солей в слое почвы 0—100 см, %	Площадь деленок, м ²	Площадь, на которой сохранились растения, %	Урожай хлопка-сырца, ц/га	
				без исключения солончаковых пятен	с исключением солончаковых пятен
Рядовой посев замоченными семенами (контроль)	0,11	6829	100,0	26,7	—
	0,17	3577	100,0	24,1	—
	0,41	11053	49,4	8,5	17,3
	0,42	6590	53,8	6,9	12,8
Рядовой посев сухими семенами	0,11	10098	100,0	25,4	—
	0,16	11122	100,0	22,8	—
	0,25	7175	98,0	21,8	22,3
	0,47	7272	82,5	19,8	24,1
Гнездовой посев замоченными семенами	0,11	3455	100,0	26,8	—
	0,17	5833	100,0	26,5	—
	0,22	5162	100,0	26,3	—
	0,25	5569	100,0	23,6	—
	0,35	6223	94,1	22,1	23,5
	0,46	6935	83,3	14,7	18,0

В опытах В. А. Новикова и Р. О. Садовской (1939) предпосевная замочка семян хлопчатника в растворах 0,4 и 0,7% борной кислоты в течение двух суток также способствовала повышению урожая хлопка-сырца на засоленной почве.

Соответствующие агротехнические мероприятия, применяемые на засоленных почвах, должны обеспечить наиболее благоприятные условия для роста и плодоношения растений. Однако те агротехнические мероприятия, которые в настоящее время применяются на полях с засоленными почвами, не всегда создают благоприятные условия для водного и минерального питания растений.

Обычно в пределах одного и того же поля различная степень засоления вызывает неравномерный рост, плодоношение и созревание растений. Естественно, что у подобных растений потребность в воде и в минеральных веществах будет неодинакова. В частности, хлопчатник

с различно засоленных участков потребляет в течение вегетации далеко не одинаковое количество воды. Например, хлопчатник на сильнозасоленных участках в течение вегетации расходует в процессе транспирации воды значительно меньше, чем хлопчатник в условиях слабого засоления. Кроме того, наблюдается большое различие и в сроках максимального потребления воды между хлопчатником, произрастающим на неодинаково засоленных участках. У хлопчатника с сильнозасоленного участка вследствие задержки роста и плодоношения максимум потребности в воде наступает почти на месяц позже, чем у растений с слабозасоленной почвы. Различная потребность в воде хлопчатника и неодинаковая густота стояния при разных степенях почвенного засоления и определяет далеко не одинаковый расход воды отдельными участками хлопкового поля (Строгонов, 1950—1953).

Аналогичная закономерность наблюдается и по минеральному питанию хлопчатника на засоленных почвах. Именно хлопчатник, произрастающий в неодинаковых условиях засоления, с различной интенсивностью поглощает из почвы и накапливает в своих органах минеральные вещества. Так, например, у хлопчатника слабозасоленных участков вынос азота в пересчете на гектар равняется 98 кг, при среднем засолении он снижается до 71 кг, а при сильном падает до 27 кг. Эти данные свидетельствуют о том, что потребность растений в воде и азоте изменяется не только в зависимости от роста и развития, но и от степени засоленности почвы.

До настоящего времени орошаемые поля в условиях засоления обычно поливаются одновременно и равномерно без учета потребности растений в воде и густоты стояния на отдельных участках поля. При этом одни участки часто не дополиваются, другие подвергаются переувлажнению, что при близком залегании грунтовых вод нередко приводит к вторичному засолению почвы и ее заболачиванию. Вследствие этого исключается возможность создания оптимального водного режима соответственно состоянию растений и непроизводительно расходуется большое количество поливной воды. Поэтому агротехнические мероприятия, и, в первую очередь, поливы должны быть дифференцированы применительно к развитию растений на отдельных участках поля. Применение дифференциро-

ванного полива может явиться способом предупреждения вторичного засоления и заболачивания почвы, позволит более рационально использовать поливную воду и создаст благоприятный водный режим почвы для растений.

При создании благоприятных условий водоснабжения необходимо предусмотреть и своевременное удовлетворение растений минеральными веществами. При одновременном внесении удобрений на поле, как это делается до настоящего времени, исключается возможность своевременно удовлетворить потребность растений в минеральных веществах соответственно их росту и развитию. Поэтому удобрения следует вносить не сразу на все поле, а на его отдельные участки, согласно потребности растений. Способ выборочного внесения удобрений дает возможность лучше удовлетворить потребность растений в минеральных веществах и экономно расходовать удобрения.

Нам представляется, что применение дифференцированной агротехники на засоленных почвах практически вполне осуществимо. Хотя засоление почвы и неравномерно на отдельных участках поля, но, как правило, благодаря уклону орошаемого поля, нижняя часть его бывает засолена в большей степени, чем верхняя. Поэтому практически вполне возможно нижнюю часть поля отделить от верхней и, в зависимости от состояния растений, раздельно производить поливы и внесение удобрений. Иначе говоря, на засоленных почвах должна применяться подвижная, дифференцированная агротехника.

Передовые колхозы, расположенные в зоне орошаемых засоленных почв, используют подобный вид агротехники. В этом отношении поучителен опыт колхоза имени Дзержинского в Узбекской ССР. В 1952 г. этот колхоз получил высокий урожай хлопчатника на засоленных почвах. С каждого из 1679 гектаров колхоз получил урожай хлопчатника по 28,4 ц, а передовые бригады собрали по 40—52 ц.

По сообщению Г. Катренко (1953), этот колхоз использует все те мероприятия, которые способствуют рассолению почвы, повышают ее плодородие, и применяет на своих полях дифференцированную агротехнику. В колхозе широко используются мелиоративные и ирригационные мероприятия. В качестве культур-освоителей на вновь осваиваемых землях используются рис и люцерна. Посевы

хлопчатника производятся только по зяблевой вспашке. Широко внедряются и такие мероприятия, как прогрев семян, обработка их сульфатом аммония, внесение удобрений сбоку рядков и т. д.

Наиболее широко используется в колхозе дифференцированная агротехника. Обработка почвы и посев хлопчатника проводятся дифференцированно и приурочиваются к оптимальным срокам, которые изменяются в зависимости от типа почвы и ее засоленности. Вегетационные поливы проводятся также дифференцированно, с учетом типа почв и состояния хлопчатника. В пределах поля полив начинают с тех борозд, которые расположены в хвостовой части временных оросителей. В этом колхозе широко используются и дифференцированные подкормки хлопчатника минеральными веществами. На участках со слабо развитым хлопчатником, листья которого имеют светло-зеленую или желтую окраску, вносят главным образом азотистые вещества. Мощно развитому хлопчатнику с темно-зеленой окраской листьев даются преимущественно фосфорные подкормки. Все эти мероприятия и обеспечивают неуклонный рост урожайности хлопчатника на засоленных почвах.

На засоленных почвах обычно резко нарушается поступление питательных веществ через корневую систему в надземные органы растений, вследствие чего растения в условиях засоления испытывают своеобразное голодание в отношении ряда питательных веществ (Ковда, 1947). В последние годы в практике сельского хозяйства стал широко использоваться способ внекорневых подкормок растений минеральными питательными веществами. При внекорневом питании минеральные вещества вводятся в растения через надземные органы, главным образом через листья. Подобный способ улучшает минеральное питание растений, сокращая приблизительно в пять раз расход удобрений и приобретает в условиях засоления особо важное значение.

Опыты, проведенные Ниязовым и Пашенко (см. Ковда, 1947), показали, что трехкратное опрыскивание 2,5% раствором тукосмеси повышает урожай сахарной свеклы, особенно на засоленных почвах.

Подобные опыты по внекорневому питанию производились и с хлопчатником. Так, по данным А. Х. Ниязбердыева (1954), внекорневые подкормки хлопчатника вод-

ным настоем суперфосфата заметно повышают урожайность хлопчатника на средnezасоленных почвах.

Заметим попутно, что предпосевную замочку и яровизацию семян в растворах питательных веществ и внекорневые подкормки растений в специальной литературе называют методами повышения солеустойчивости растения, что с нашей точки зрения не совсем правильно. Вышеуказанные мероприятия мы склонны отнести к обычным агротехническим приемам, которые создают наиболее благоприятные условия для произрастания растений в условиях засоления и тем самым повышают их солевыносливость. В основе же методов повышения солеустойчивости растений, как мы полагаем, лежит принцип солевого воздействия на молодой растительный организм с целью повышения его приспособляемости к засоленному субстрату и закрепления в потомстве свойств солеустойчивости.

3 МЕЛИОРАЦИЯ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА СОЛОНЦАХ

На солонцовых почвах также создаются крайне неблагоприятные условия для произрастания растений. Поглощенный почвенными коллоидами натрий нарушает поступление в растение солей кальция, что является причиной кальциевого голодания. На растение отрицательно влияет и высокая щелочность почвенного раствора и плохие физические свойства солонца. В результате резко снижается урожай и нередко наблюдается гибель растений.

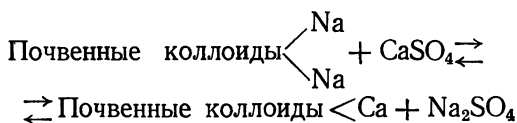
При улучшении солонцов в первую очередь необходимо удалить из почвы поглощенный натрий, улучшить ее неблагоприятные физические свойства и понизить щелочность почвенного раствора.

При выборе средств окультуривания луговых и степных солонцов прежде всего учитываются их природа и свойства. Характерной особенностью луговых солонцов, в отличие от степных, является накопление солей в почве за счет грунтовых вод, что способствует образованию соды. Поэтому на луговых солонцах в первую очередь используются все те мероприятия, которые способствуют снижению уровня грунтовых вод (осушение заболоченных мест, высокая агротехника, древесные насаждения, дренаж).

В настоящее время известен ряд мероприятий, применение которых позволяет превращать солонцы в плодород-

ные почвы. Для этого в практике применяются такие приемы, как внесение солей кальция в виде гипса или его заменителей (химическая мелиорация), землевание пятен солонцов, углубление пахотного слоя, а также использование солевыносливых растений.

Вытеснение поглощенного натрия и устранение соды, т. е. снижение щелочности почвенного раствора, достигается путем внесения в почву гипса (гипсование). При этом кальций гипса вытесняет поглощенный коллоидами почвы натрий и становится на его место. Реакцию вытеснения можно представить в виде следующей схемы:



Образовавшийся в почвенном растворе при этой реакции сернокислый натрий благодаря хорошей растворимости легко удаляется водою, в то время как гипс, являясь менее растворимым, остается в почве. В орошаемых районах удаление сернокислого натрия достигается промывками, а в неорошаемой зоне проводится снегозадержание с целью дополнительного накопления влаги, чтобы глубже промочить почву. На химическую мелиорацию солонцов обычно расходуется от одной до четырех тонн гипса на гектар.

Гипсование и глубокая вспашка почвы позволяют за несколько лет практически полностью ликвидировать неблагоприятные свойства солонцов. Вследствие этого почва солонцов становится менее вязкой и более проницаемой для воды и воздуха. При этом увеличивается количество воды и питательных веществ, доступных для растений.

При химической мелиорации солонцов вместо гипса используются и другие вещества. Хорошие результаты получаются при внесении в солонцы промышленного суперфосфата, который состоит почти наполовину из гипса и, кроме того, содержит свободную фосфорную кислоту, способствующую устранению соды и вытеснению натрия.

Положительное действие на солонцы оказывает и внесение серы. При этом некоторые микроорганизмы почвы переводят серу в серную кислоту, которая устраняет соду и щелочность, а недействительный углекислый кальций пере-

водит в более растворимый гипс. Гипс, в свою очередь, способствует удалению поглощенного натрия.

Переделка солонцов облегчается при внесении удобрений, различных отходов промышленности, имеющих кислую реакцию и содержащих растворимые соли кальция. Хорошие результаты получаются и при внесении в солонцы кислого торфа.

При улучшении солонцов обязательным приемом является углубление пахотного слоя. Если в подпахотном слое (30—40 см) имеется гипс, то мелиорация солонцов значительно облегчается и удешевляется. Обычно на таких солонцах вспашки производятся на полную глубину (40—50 см) с оборотом пласта. На безгипсовых солонцах рекомендуется пахать без выворачивания столбчатого горизонта на поверхность почвы. Это лучше всего достигается по способу Т. С. Мальцева (1954), который разработал эффективный прием окультуривания солонцов. По Т. С. Мальцеву, обычная глубокая вспашка выворачивает на поверхность солонцеватый слой, вследствие чего почва на многие годы становится малоплодородной, в то время как при вспашке плугами без отвалов на глубину 40—50 см наблюдается уменьшение солонцеватости почвы и повышение ее плодородия. При этом углубление пахотного слоя должно сопровождаться внесением повышенных доз навоза и, по мере надобности, гипсованием.

Наряду с этим в настоящее время рекомендуется использовать так называемый термический пар (перегар) и почвенно-биологический метод освоения солонцов. Суть термического пара заключается в том, что ранней весной производится вспашка с расчетом вывернуть на поверхность часть солонцового столбчатого горизонта, а затем на один-полтора месяца пашню оставляют в пару. После повторных, более глубоких вспашек осенью вносят гипс. При использовании термического пара ускоряется проникновение гипса внутрь глыб уплотненного горизонта солонца, вывороченных при вспашке. Рекоменгуемый почвенно-биологический метод освоения солонцов основан на применении органических удобрений, повышающих в почве содержание углекислоты. Увеличение концентрации углекислоты в почве повышает растворимость солей кальция, что облегчает вытеснение поглощенного натрия (Антипов-Каратаев и др., 1953).

В практике сельского хозяйства используется также прием землевания солонцов. В этом случае на солонцовые пятна переносится почва с соседних несолонцовых участков. При таком способе обменный натрий не удаляется, а происходит разбавление солонцового слоя.

В дальнейшем для создания и поддержания структуры почвы улучшенных солонцов применяются соответствующие севообороты, высокая агротехника, полезащитные лесополосы.

В районах с солонцовыми почвами большое внимание уделяется правильному размещению сельскохозяйственных культур. Умелый подбор солеустойчивых культур для разнообразных по своей природе солонцов дает возможность значительно повысить урожай и улучшить его качество.

В настоящее время в арсенале борьбы с засолением почвы имеются разработанные мелиоративные мероприятия, рациональные севообороты, соответствующие агроприемы, установленные правила водопользования. Таким образом, борьба с засолением ведется путем применения комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на улучшение почвы. «Но в этом комплексе,— как справедливо отмечает известный специалист по засоленным почвам проф. В. А. Ковда (1947),— отсутствует использование способности растения приспосабливаться к засоленным почвам и повышать свою солеустойчивость». Иначе говоря, в комплексе борьбы с засолением почвы далеко не полно используются многообразные способы воздействия на природу растения с целью повышения солеустойчивости. При этом не используются в достаточной мере и методы селекции с целью получения солеустойчивых сортов культурных растений. Больше того, при районировании имеющихся сортов не всегда учитывается степень их солеустойчивости, что особенно важно для районов с засоленными почвами.

Глава IV

ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

При решении частных и общих вопросов солеустойчивости растений нередко возникает необходимость в применении методов, позволяющих в строго контролируемых условиях определять токсичность солей и степень солеустойчивости растений. Существующие в настоящее время методы определения токсичности солей и солеустойчивости растений можно разделить на следующие три группы: лабораторные, вегетационные и полевые.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ

Наиболее распространенным методом определения солеустойчивости растений является учет энергии прорастания семян растений на засоленном субстрате. Проращивание семян проводят в растворах солей или на фильтровальной бумаге, песке, почве, смоченных растворами солей определенной концентрации. Снижение интенсивности прорастания семян на растворах солей, по сравнению с контролем, является показателем степени солеустойчивости испытуемых семян. Подобным способом легко определить степень токсичности отдельных ионов и солей, а также поступление воды в семена в зависимости от концентрации солей. Кроме того, этот метод позволяет выявить наиболее солеустойчивые сорта и сопоставить солеустойчивость семян различных сельскохозяйственных культур. Основа этого метода покоится на признании того, что реакция семян на соли при прорастании отражает солеустойчивость растения на последующих этапах его развития

В обстоятельных исследованиях В. С. Шардакова (1948) была доказана возможность определения солеустойчивости растений на самых ранних фазах их развития — прорастания семян. При характеристике солеустойчивости сортов хлопчатника были использованы многие показатели и, в частности, скорость набухания и энергия прорастания семян, скорость роста корешков. Согласно данным В. С. Шардакова, семена солеустойчивых сортов, по сравнению с несолеустойчивыми, в условиях засоления характеризуются большей скоростью набухания, более высокой энергией прорастания и более интенсивным ростом корешков. Однако, по мнению этого автора, из всех испытанных способов определения солеустойчивости растений на самых ранних фазах развития лучшие результаты дает отбор семян по размерам (длине) после набухания их в воде. Практический интерес представляет то, что этот способ может использоваться не только при сравнительной характеристике сортов, но и при массовом отборе наиболее солеустойчивых экземпляров в пределах каждого сорта.

При массовом отборе солеустойчивых экземпляров в пределах сорта, распространенного в районах с засоленными почвами, может быть использован метод Л. И. Сергеева (1936а). Суть этого метода заключается в следующем: семена, собранные с растений (пшеница), произрастающих на засоленной почве, проращиваются в течение двух дней на растворах солей (0,3—0,4-молярного раствора NaCl). Затем как проросшие, так и непроросшие семена высаживаются в засоленную почву (0,2—0,3-молярного раствора NaCl). Результаты опытов Л. И. Сергеева показали, что растения, выросшие из семян, проросших на солевом растворе, по ряду признаков (процент всхожести, рост и развитие, сухой вес растения) оказались более стойкими к засолению, чем растения, развившиеся из непроросших семян.

Метод, предложенный А. А. Рихтером и Е. К. Дворецкой (1930), основан на определении чувствительности устьичного аппарата к действию солей и главным образом катиона натрия. Катионы обладают свойством способствовать распаду крахмала в замыкающих клетках, вследствие чего осмотическое давление в них повышается, вызывая тем самым раскрытие устьичных щелей. Листья

для исследования по этому методу берутся в вечернее время, когда устьица плотно закрыты и переполнены крахмалом. Затем срезы эпидермиса, взятые с нижней стороны листа, погружаются в растворы хлористого натрия разной концентрации и через определенные промежутки времени просматриваются под микроскопом. Меньшая скорость раскрытия устьиц при определенной концентрации хлористого натрия является показателем солеустойчивости растения.

П. А. Генкель (1950) разработал новый микроскопический метод оценки степени солеустойчивости, основанный на прямом определении токсического действия солей на ткани растения. Суть этого метода заключается в том, что срезы верхнего эпидермиса листа погружаются на несколько часов в одномолярный раствор хлористого натрия, а затем подсчитывается число плазмолизированных (живых) клеток. Количество этих клеток является мерой степени солеустойчивости растения. Многократная проверка метода, как указывает П. А. Генкель, показала его полную применимость для оценки солеустойчивости.

В свое время мы (Строгонов и Остапенко, 1941) предложили метод определения солеустойчивости растений по интенсивности разрушения хлорофилла у отрезанных листьев, помещенных черешками в водную вытяжку из засоленной почвы или в растворы солей. Этот метод основан на признании наличия устойчивой системы хлорофилл — белок у растений, обладающих повышенной солеустойчивостью (Строгонов и Иваницкая, 1954). Техника этого метода весьма проста и заключается в следующем. Листья растений, срезанные под водой, в зависимости от цели опыта помещаются в водную вытяжку из засоленной почвы, в засоленную грунтовую воду или в растворы солей. Вышеуказанные растворы должны иметь достаточно высокую концентрацию солей (2—4%). Контролем служат листья, погруженные черешками в воду, свободную от солей. Для предохранения листьев от подвядания опыт проводится на рассеянном свете.

Показателем степени солеустойчивости растений является быстрота появления солевых пятен вследствие разрушения хлорофилла под влиянием солей. У солеустойчивых растений разрушение хлорофилла начинается обычно значительно позже и идет менее интенсивно, чем

у несолеустойчивых растений (рис. 27). Следует отметить, что этот метод применим лишь к таким растениям, которые выращиваются в условиях засоления.

В своей работе П. А. Генкель и С. С. Колотова (1943) при определении солеустойчивых растений рекомендуют выдерживать листья не на рассеянном, а на прямом солнечном свете. Этому методу был придан количественный

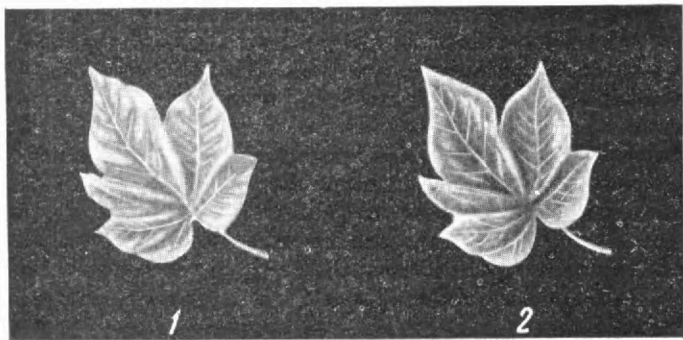


Рис. 27 Степень выцветания хлорофилла у листьев хлопчатника на растворах солей:

1 — со слабо засоленного участка; 2 — с сильно засоленного
(по Строгонову и Остапенко, 1944).

характер, и степень повреждения листьев солями определялась по пятибалльной системе. По данным П. А. Генкель и С. С. Колотовой, солевые пятна на листьях лучше всего образуются в растворах сернокислого натрия и хлористого кальция, причем листья верхних ярусов характеризуются большей устойчивостью к солям по сравнению с более старыми нижерасположенными листьями.

По данным И. Л. Захарьянц (1947), наблюдаемая определенная зависимость между показателями проницаемости протоплазмы листьев хлопчатника и его солеустойчивостью может также служить диагностическим признаком. Таким образом, в настоящее время уже имеются методы, которые позволяют быстро и относительно точно установить степень солеустойчивости растений, не затрачивая длительного времени на вегетационные или полевые опыты,

2. ВЕГЕТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Вегетационные методы позволяют проводить опыты по определению степени токсичности солей и солеустойчивости растений начиная от прорастания семян до плодоношения растений. Опытные растения выращиваются в железных или стеклянных сосудах в условиях оранжереи или вегетационного домика. В зависимости от поставленной цели растения выращиваются на почве (почвенные культуры), песке (песчаные культуры) или питательном растворе (водные культуры). Возможность регулирования и контролирования условий выращивания растений (водный режим, минеральное питание, солевой режим) позволяют проводить опыты в строго контролируемых условиях, что способствует решению многих важных вопросов солеустойчивости растений. В частности, такие важные вопросы, как отношение галофитов к засолению и значение уравниваемости солевых растворов для растений были решены именно с помощью вегетационного метода. Этот метод позволяет изучать изменение степени токсичности солей и солеустойчивости растений в зависимости от условий их водоснабжения и минерального питания. Наряду с этим накоплен большой экспериментальный материал по сравнительной оценке солеустойчивости различных сортов и видов, а также по изменению степени солеустойчивости растений в зависимости от их возраста. С помощью вегетационного метода были проведены интересные и важные наблюдения за поведением растений, произрастающих при постепенном и внезапном засолении. Иначе говоря, вегетационный метод дает возможность решать самые разнообразные вопросы солеустойчивости растений.

Однако с помощью вегетационного метода все же нельзя создать для растений всех тех условий произрастания, которые имеются в поле. С целью получения более достоверных данных, отвечающих научным и особенно практическим запросам, используются полевые методы.

3. ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ

Полевые методы не позволяют в полной мере создавать и регулировать строго контролируемые условия для выращивания растений. Однако преимущество этих методов перед вегетационными заключается в том, что расте-

ния выращиваются не в искусственно создаваемых, а в естественных условиях поля со всеми характерными изменениями водного и солевого режимов почвы, микроклимата и других факторов внешней среды.

Полевые методы обычно используются для оценки степени солеустойчивости различных сортов и видов, а также для изучения водного режима и минерального питания.

Для опытов подбираются хорошо спланированные участки, по возможности с равномерным засолением. Наблюдения за изменением солевого режима почвы опытного участка в течение вегетационного периода состоят в периодическом взятии почвенных проб по горизонтам корнеобитаемой зоны и определении в них содержания солей. Таким способом оценивается степень солеустойчивости или эффективность агротехнического мероприятия при определенном содержании солей в почве.

Для более строгой оценки солеустойчивости растений необходимо учитывать специфику засоленных почв, а именно: резко выраженную локализацию солей как по поверхности почвы, так и в вертикальном направлении. Поэтому используют методы, характеризующие локализацию и содержание солей в корнеобитаемой зоне.

Одним из таких методов является вертикально-квадратный метод учета роста корней растений на засоленных почвах (Строгонов, 1954а). Основан этот метод на явлении резко выраженной локализации солей в почве и наличии у корней растений хемотропизма и осмотропизма.

Этот метод позволяет определить степень солеустойчивости отдельного растения и установить зависимость роста корня от локализации солей в почве. Техника метода сводится к следующему: у опытного растения делается вертикальный разрез по центру расположения корня. Поверхность разреза с обнаженными корнями делится на квадраты определенной площади, причем основной корень должен находиться в центре одного из квадратов. Затем на миллиметровой бумаге производится зарисовка распределения корней по квадратам. С поверхности каждого квадрата берется почва для определения в ней содержания солей. Сопоставление распределения солей по квадратам с интенсивностью роста корней в отдельных участках корнеобитаемой зоны позволяет сделать оценку степени солеустойчивости растения.

Глава V

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

1. ОТБОР НА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Растения после пребывания в условиях засоления приобретают целый ряд отличительных свойств, которые позволяют им переносить повышенное количество солей в почве. Еще академик Б. А. Келлер (1923) отмечал, что в Средней Азии на засоленных почвах встречаются формы хлопчатника с явными признаками галофитизма; по словам этого ученого «природа как бы уже вырабатывает соответствующую солончаковую расу хлопчатника».

В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что растение в процессе своей жизни на засоленных почвах приобретают свойства солестойкости, которые позволяют ему хорошо переносить повышенное содержание солей.

Внутренняя перестройка самого растения в течение вегетации в условиях засоления глубоко отражается и на его семенах, которые становятся более солеустойчивыми, а растения, выращенные из этих семян, меньше страдают от вредного действия солей. Это дало повод ученым рекомендовать в районах с засоленными почвами широко использовать в качестве посевного материала семена местного происхождения. В этом направлении были проведены соответствующие опыты и получены хорошие результаты с различными сортами яровых пшениц (Сергеев, 1936а), озимых пшениц, кукурузы, люцерны (Кружилин, 1940), проса (Цветкова, 1953), хлопчатника (Бурыгин, 1942; Агакишиев, 1954) и с различными формами древесных пород (Шахов, 1952, 1956).

Практический интерес представляют данные опытов Л. Н. Горева (1954) по укоренению чубуков винограда на сильнозасоленной почве. Для опытов использовали чубуки винограда, произрастающего на незасоленном и сильнозасоленном участках. Учет результатов опыта показал, что чубуки, взятые с растений незасоленного участка, дали 18% приживаемости, а с сильнозасоленного — 51,3%.

Не менее интересный и практически важный факт был установлен Д. П. Проценко (1956), который выращивал саженцы айвы и сеянцы алычи в течение четырех лет на засоленных почвах при возрастающем засолении. При этом степень солеустойчивости айвы и алычи неизменно повышалась.

В настоящее время вполне доказано, что свойство солеустойчивости, приобретенное растением в течение жизни, передается потомству. В этом направлении наиболее интересными были опыты с люцерной (Кружилин, 1940), просом, пшеницей (Цветкова, 1953), томатами (Матухин и Бойко, 1954) и ячменем (Севастьянов, 1954).

Обобщая результаты опытов А. С. Кружилина (1940), можно сказать, что семена люцерны, полученные на втором — четвертом годах, являются более солеустойчивыми, чем семена однолетних растений.

И. В. Цветкова (1953) показала, что при многолетнем выращивании растений в одной и той же местности солеустойчивость и урожайность их неуклонно растут (табл. 31).

Таблица 31

*Величина урожая проса и пшеницы по поколениям
на засоленной почве
(по И. В. Цветковой, 1953)*

Культура	Семена растений с незасоленных почв		Поколения			
			первое		второе	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Просо „Кремовый“	13,1	100,0	15,3	116,8	18,1	138,2
Пшеница „Лютесценс 605“	9,9	100,0	14,9	150,5	—	—

По данным Г. Р. Матухина и Л. А. Бойко (1954), устойчивость растений к засолению почвы, приобретаемая в течение вегетации, передается потомству, а растения последующих поколений отличаются повышенной солеустойчивостью и урожайностью. Авторы провели опыты с томатами, которые в течение нескольких лет выращивались на искусственно засоленной почве (табл. 32).

Таблица 32

Урожай томатов в условиях засоления
(по Г. Р. Матухину и Л. А. Бойко, 1954)

Вариант опыта	Вес воздушно-сухой массы	Общий вес плодов	
	г на 1 растение	г	%
Контроль (без засоления)	32,02	344,85	308,4
Год вегетации:			
1-й	11,37	111,80	100,0
2-й	14,85	124,87	110,8
3-й	16,30	133,20	119,1
4-й	17,06	139,59	124,1
5-й	18,78	168,97	151,1

Аналогичные результаты были получены и с ячменем в опытах В. И. Севастьянова (1954).

Все опыты убеждают в том, что при многолетнем размножении растений на засоленных почвах их солеустойчивость повышается и закрепляется в потомстве.

Однако следует отметить, что семена растений с засоленных почв, использованные в качестве посевного материала, не всегда дают удовлетворительный урожай. Учитывая это, мы (Строгонов, 1950) провели наблюдения над хлопчатником, которые показали, что при использовании потомства растений, выращенных на засоленных почвах, необходимо учитывать не только степень их солеустойчивости, но и степень продуктивности материнских растений. Оказалось, что даже на отдельных сильнозасоленных участках и на солончаковых пятнах выжившие кусты хлопчатника резко различаются между собой по продук-

тивности. У одних растений свойство высокой приспособляемости сочетается со свойствами продуктивности, тогда как у других низкая продуктивность совмещается с относительно высокой степенью приспособления. Естественно, что семена, собранные с таких кустов хлопчатника и высеянные на засоленную почву, дадут растения далеко не однородные по урожайности. Кроме того, у низкопродуктивных растений часть семян неполноценна по всхожести, выполненности и интенсивности прорастания, что при высеве их в засоленную почву может привести к изреженности поля и снижению урожая. Поэтому в качестве исходного материала мы рекомендуем использовать поголовье лишь тех растений, произрастающих на засоленной почве, которые обладают наиболее ярко выраженными свойствами приспособления и высокой продуктивностью. Такие кусты хлопчатника нередко можно встретить на солончаковых пятнах, на поверхности которых четко вырисовываются выцветы солей.

На солончаковых пятнах обычно выживают растения, для которых характерна низкорослость и небольшое число коробочек. Однако там же встречаются кусты хлопчатника, поражающие мощностью своего развития и энергичным плодоношением. Высота таких растений превышает 100 см, а число сформировавшихся коробочек достигает 50 штук.

Для иллюстрации рассмотрим данные наших наблюдений от 1951 г. за полем хлопчатника сорта 1298, расположенным на солончаковом пятне с чрезмерно засоленной почвой.

В результате сильного засоления на солончаковом пятне сохранились лишь единичные экземпляры растений, среди них резко выделялся куст хлопчатника с 60 коробочками, большая часть которых к моменту взятия растения с поля (9 октября) была уже раскрыта. Через некоторое время нераскрывшиеся коробочки открылись, и куст был сфотографирован (рис. 28).

Наблюдаемый факт свидетельствует о ярко выраженной солеустойчивости и продуктивности хлопчатника, выращенного в условиях сильного засоления. При размножении потомства таких растений на засоленных почвах и при повторном отборе семян наиболее приспособленных и урожайных кустов хлопчатника будет возможно значитель-

но повысить солеустойчивость и урожайность данного сорта. Такое представление подтверждается тем, что при ежегодно повторяющихся условиях внешней среды (засоление почвы) приспособительные свойства и продуктив-

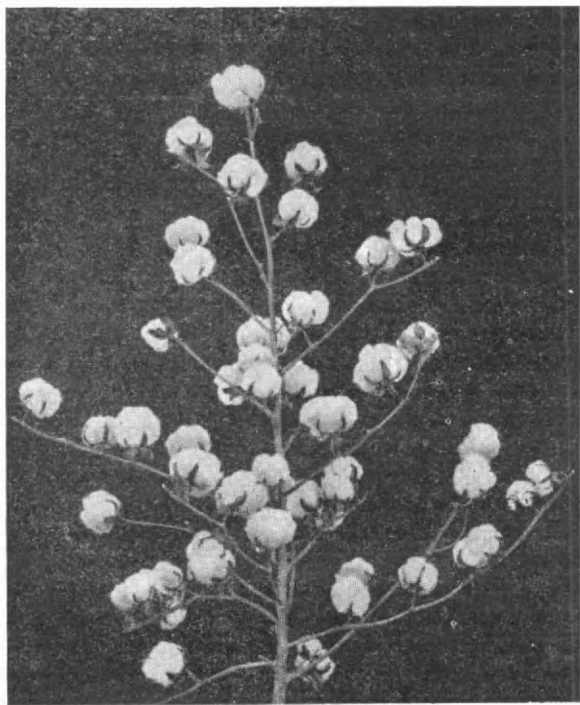


Рис. 28. Куст хлопчатника с солончакового пятна
(по Строгонову, 1954).

ность хлопчатника повышаются и закрепляются в потомстве. Таким образом, индивидуальный отбор открывает широкие возможности получения в достаточной мере урожайных и солеустойчивых культурных растений.

Явление крайне выраженной солеустойчивости наблюдается и у отдельных растений других сельскохозяйственных культур. В частности, З. Г. Багдасарашвили (1952)

указывает, что у отдельных экземпляров одних и тех же сортов винограда нередко наблюдается ярко выраженная солеустойчивость.

2. МЕТОДЫ ПРЕДПОСЕВНОГО И ПОСЛЕПОСЕВНОГО ПОВЫШЕНИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ

В настоящее время разработаны и другие эффективные способы повышения солеустойчивости растений. Согласно современному представлению, действие внешней среды на растение проявляется в большей мере тогда, когда оно еще молодо.

В этот период оно наиболее быстро и легко приспосабливается к условиям окружающей среды. Важно, что приспособление растений идет в том направлении, в каком действуют условия внешней среды. Иначе говоря, если на молодые растения действовать низкими температурами, засухой или солями, то они в процессе приспособления приобретают свойства морозоустойчивости, засухоустойчивости или солеустойчивости. Поэтому разработка методов повышения солеустойчивости растений идет главным образом путем солевых воздействий на молодые растения.

Исходя из того, что растения в молодом возрасте наиболее легко приспособляются к условиям внешней среды, П. А. Генкель с сотрудниками разработал ряд методов повышения солеустойчивости культурных растений. Метод повышения солеустойчивости пшеницы (Генкель и Колотова, 1940) заключается в следующем: наклюнувшиеся семена выдерживаются один час в 6%-ном растворе поваренной соли (NaCl), после чего подсушиваются и высеваются в поле. Подобная обработка семян повышает урожай пшеницы на засоленных почвах до 30%.

Повышение солеустойчивости хлопчатника по методу П. А. Генкеля и С. С. Колотовой (1941) осуществляется так: хорошо набухшие в воде семена хлопчатника выдерживаются один час в 3%-ном растворе поваренной соли, а затем излишек соли отмывается проточной водой в течение полутора часов. После этого обработанные семена высеваются в поле. Испытание этого метода в течение ряда лет в полевых условиях на засоленных почвах Среднеазиатских республик и Закавказья показало, что его применение также значительно повышает урожай хлопка-сырца.

К. П. Марголина (1950) провела вегетационные опыты по повышению солеустойчивости сахарной свеклы. Семена сахарной свеклы намачивались в воде в течение двух суток, а затем один час выдерживались в 4 %-ном растворе хлористого натрия. После этого семена промывались 10—12 мин. водой и высевались. Такая обработка значительно повышала урожай корнеплодов в условиях засоления.

И. В. Цветкова (1953) проводила опыты по повышению солеустойчивости проса. Набухшие семена проса обрабатывались 3 %- и 6 %-ными растворами хлористого натрия в течение часа, затем полтора часа промывались водой и высевались в поле. Обработка семян повышала урожай проса на засоленных почвах на 30—47 %. Оказалось при этом, что обработку семян необходимо проводить дифференцированно в зависимости от степени засоления почвы: 3 %-ным раствором — при среднем засолении и 6 %-ным раствором хлористого натрия — при более сильном засолении (табл. 33).

Таблица 33

*Влияние предпосевной обработки семян
на урожай проса в условиях засоления*

(по П. А. Гэнкелю, 1954 и И. В. Цветковой, 1953)

Степень засо- ления участка	Вариант опыта	Урожай	
		ц/га	%
Средняя	Необработанные семена	7,0	100
"	Обработанные 3%-ным раствором NaCl	10,3	147
"	" 6%-ным " "	9,5	135
Сильная	Необработанные	6,0	100
"	Обработанные 3%-ным раствором NaCl	7,8	130
"	" 6%-ным " "	8,7	145

Свойства солеустойчивости, приобретенные растениями после однократной обработки семян, передаются потомству. При этом потомство растений с повышенной солеустойчивостью, полученной в результате обработки, оказывается более устойчивым к вредному действию солей,

по сравнению с потомством из семян естественно приспособленных растений. Вследствие этого растения, выращенные из обработанных семян, дают более высокий урожай на засоленных почвах даже в следующих поколениях.

Многочисленные исследования показали, что предпосевная обработка семян солевым раствором значительно изменяет физиологию зародыша в сторону повышения сопротивляемости вредному действию солей. Вследствие этого всхожесть обработанных семян, по сравнению с необработанными, в условиях засоления значительно повышается. У взрослых растений, подвергнутых предпосевной обработке, наблюдаются глубокие физиологические, анатомические и морфологические изменения. Благодаря этим изменениям растения наиболее быстро и относительно легко приспосабливаются к условиям засоленных почв. Растения меньше страдают от избытка солей и значительно меньше накапливают их в своих органах. Растения относительно нормально растут, развиваются и формируют урожай. Увеличение числа растений на единицу площади и повышение их продуктивности дает заметную прибавку урожая на засоленных почвах.

Предложенный П. А. Генкелем принцип предпосевного повышения солеустойчивости культурных растений путем солевых воздействий лег в основу разнообразных способов, которые разрабатываются другими учеными. В частности В. А. Ковда (1947) предложил использовать для предпосевной обработки семян не хлористый натрий, а соленую грунтовую или дренажную воду. По его данным, лабораторные и полевые опыты показали, что обработка семян грунтовой водой дает возможность получить хорошие всходы и повысить урожайность хлопчатника на засоленных почвах.

А. Агакишиев (1954) разработал метод повышения солеустойчивости хлопчатника путем предпосевной ступенчато-солевой обработки семян с целью повышения урожая хлопка-сырца на засоленных почвах. Для предпосевной обработки семян он рекомендует использовать раствор из смеси солей — NaCl (23,706 г), Na_2SO_4 (27,460 г), MgSO_4 (5,943 г), CaSO_4 (2,721 г), $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (0,012 г) и KCl (3,954 г) — с общей концентрацией 63,796 г на один литр воды. Подобное соотношение солей,

как указывает Д. Агакишиев, является наиболее типичным для средnezасоленных почв Туркмении.

Для обработки семян использовались растворы, разведенные до 0,05, 0,1 и 0,2 от основного раствора. Обработка семян производилась в три приема (через каждые 12 часов) растворами постепенно повышающейся концентрации. При каждой обработке бралось одинаковое количество раствора, равное по объему 30% от сухого веса семян. Такая обработка семян дает значительную прибавку урожая хлопка-сырца на засоленных почвах.

По сообщению А. К. Носова (1953), подобная ступенчато-солевая обработка семян может проводиться и растворами хлористого натрия с постепенно повышающейся концентрацией (0,3, 0,6, 1,2%). Обработка семян проводится также в три приема, через каждые 12 часов. При всех трех обработках берутся равные объемы растворов из расчета 200 см³ на 1 кг сухих семян. А. К. Носов указывает, что такая предпосевная обработка семян способствует получению хороших всходов хлопчатника на засоленных почвах и повышает урожай хлопка-сырца.

Об интересных опытах по повышению солеустойчивости бахчевых культур сообщила нам А. Т. Крапивина. В одной серии опытов для посадки на засоленной почве она использовала семена соленых арбузов, а в другой — семена дынь, выдержанных в огуречном рассоле в течение 6 дней. По данным А. Т. Крапивиной использование подобных семян значительно увеличивает урожай арбузов и дынь и улучшает их качество в условиях засоления почвы.

Опыты Л. Н. Горева (1954) доказали, что способ солевых обработок можно применять и для повышения солеустойчивости виноградной лозы. Для этой цели Л. Н. Горев рекомендует использовать комбинированный раствор, который состоит из 400 мг хлористого калия и 200 мг гетероауксина в литре обычной воды. Обработка чубуков в течение 24 часов комбинированным раствором резко увеличивала процент их приживаемости на засоленных почвах. Так, например, по данным Л. Н. Горева, приживаемость необработанных чубуков в условиях сильного засоления была равна 37,4%, тогда как у обработанных она возросла до 80%.

Большой интерес представляют исследования по солеустойчивости растений Т. С. Мальцева (1951). В одном

из своих опытов Т. С. Мальцев решил выяснить, в какой период жизни при солевом воздействии наиболее сильно изменяются свойства растений. Для выяснения этого растения, находящиеся на разных стадиях развития, подвергались внезапному действию солей различной концентрации. Потомство, полученное от растений, последовательно выращивалось в течение ряда лет на засоленных почвах.

В другой серии опытов семена яровых пшениц Т. С. Мальцев яровизировал в условиях крайне низких допускаемых температур. Для этой цели поздно осенью (в первой декаде октября) высевался ряд сортов яровой пшеницы на злостные солончаки. Семена успевали прорасти и проходить стадию яровизации в необычайных для них условиях (холод, засоление). Часть растений при этом не успевала пройти стадию яровизации до наступления заморозков и заканчивала ее весной. Эти растения наиболее легко приспособлялись к новым для них условиям засоленных почв. Последующие поколения подобных растений на засоленных почвах усиливают и закрепляют в течение ряда лет свойство солеустойчивости пшеницы. Этот путь повышения солеустойчивости культурных растений представляет как теоретический, так и практический интерес.

Интересный способ повышения солеустойчивости хлопчатника разработал Д. Агакишиев (1954). Он рекомендует обрабатывать солями отдельные ветви или целые кусты хлопчатника в тот период, когда у них формируются семена. В этот период соли оказывают наиболее сильное действие на семена в сторону повышения их солеустойчивости. Для этой цели используются кусты хлопчатника, произрастающие на незасоленной почве. Растения обрабатываются раствором хлористого натрия разной концентрации (1,2, 2,4%). Первая обработка растений проводится в начале цветения, а две последующие через каждые 10 дней. Обработка ветвей или целых растений производится путем выдерживания их в растворе хлористого натрия в течение 15 минут. Семена, собранные с обработанных веток и кустов хлопчатника, на следующий год высеваются на засоленную почву. Как показывают результаты опытов, подобная обработка значительно повышает солеустойчивость и урожайность хлопчатника (табл. 34).

Таблица 34

Влияние обработки хлопчатника раствором хлористого натрия на урожайность в условиях засоления

(по Д. Агакишиеву, 1954)

Вариант опыта	Урожай хлопка-сырца на растение	
	г	%
Необработанный куст . . .	27,2	100,0
Обработанный 1,2% NaCl . . .	42,1	154,7
Обработанный 2,4% NaCl . . .	43,1	158,4

3. ВНУТРИСОРТОВОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Для создания солеустойчивых сортов культурных растений мы рекомендуем использовать внутрисортное скрещивание (Строгонов, 1950а, 1954б). Наши опыты показывают, что внутрисортное скрещивание хлопчатника, различающегося между собою по степени приспособления и по урожайности, в зависимости от варианта и сорта увеличивает вес сырца коробочки на 9—37% (табл. 35).

Таблица 35

Влияние внутрисортного скрещивания хлопчатника на вес сырца коробочки

(по Б. П. Строгонову, 1954)

Засоление участка	Вариант опыта	Средний вес сырца коробочки	
		г	% от контроля
Слабое	Контроль*	6,01	100,0
	Опыт**	7,28	121,1
Сильное	Контроль	4,65	100,0
	Опыт	5,27	113,3

* Без внутрисортного скрещивания.

** С внутрисортным скрещиванием.

Хлопчатник, выращенный из семян от внутрисортowego скрещивания, в условиях засоления оказался более урожайным, а следовательно, и более солеустойчивым по сравнению с растениями контрольных вариантов (табл. 36).

Таблица 36

Урожайность хлопчатника, выращенного из семян от внутрисортowych скрещиваний

(по Б. П. Строгонову, 1954)

Засоление участка	Вариант опыта	Число коробочек на куст			Вес сырца, г	
		18 IX	11 X	Итого	одной коробочки	одного куста
Слабое	Контроль* . .	4,6	6,7	11,3	5,69	64,3
	Опыт**	6,3	7,7	14,0	6,10	85,4
Сильное	Контроль . . .	3,7	8,6	12,3	6,10	75,0
	Опыт	4,8	12,3	17,1	5,68	97,1

* Без внутрисортowego скрещивания.

** С внутрисортowym скрещиванием

Эффективность данного способа повышения солеустойчивости хлопчатника объясняется тем, что при внутрисортowym скрещивании используются растения, неоднородные между собой по условиям выращивания.

Как известно, в пределах одного поля наблюдается различная степень засоления почвы. Наряду с практически незасоленной почвой на поле нередко встречаются сильнозасоленные участки и солончаковые пятна. На участках различного засоления хлопчатник различается как по урожайности, так и по степени приспособления, т. е. по солеустойчивости. Растения, произрастающие на слабозасоленных участках, дают относительно высокий урожай, но степень приспособления их к засоленности почвы сравнительно невелика. У хлопчатника на сильнозасоленном участке низкая урожайность сочетается с высокой приспособляемостью к засолению. У потомства

внутрисортового скрещивания совмещаются и закрепляются свойства продуктивности и солеустойчивости материнских растений, вследствие чего и повышается урожайность хлопчатника на засоленных почвах.

Для повышения солеустойчивости методом внутрисортового скрещивания необходимо подбирать хорошо развитые растения, произрастающие на одном поле, но на различных засоленных участках. В одном случае в качестве материнской формы используются растения, произрастающие на слабозасоленном участке, а в другом — наоборот. Внутрисортовое скрещивание следует проводить по общепринятому методу, применяемому в селекционной практике. Семена, полученные от внутрисортового скрещивания, на следующий год должны быть высеяны на засоленную почву. После этого производится повторный отбор семян с наиболее приспособленных и продуктивных растений. Эти семена служат для размножения продуктивных растений, приспособленных к засолению почвы.

При разработке и использовании методов повышения солеустойчивости растений необходимо строго учитывать характер засоления почвы. К сожалению, до настоящего времени этому вопросу не уделяется должного внимания.

Условия существования растений на различных типах засоления определяют возникновение у них разнообразных приспособительных реакций против вредного действия солей; растение в процессе своего роста и развития приспособляется не вообще к засоленности почвы, а к определенному типу засоления. В связи с этим заслуживают внимания исследования В. Г. Агабабян (1953), на основании которых она делает вывод, что при наличии в почве нормальной и двууглекислой соды подбор растений для этих почв следует вести и по показателям содоустойчивости.

Поэтому мы полагаем, что, разрабатывая и применяя методы повышения солеустойчивости растений, необходимо строго учитывать специфику определенного типа засоления. Ибо один и тот же метод повышения солеустойчивости, примененный на одном и том же сорте, может дать в условиях различных типов засоления противоположные результаты. С точки зрения развиваемых представлений неудачные попытки по выведению методами селекции солеустойчивых сортов мы склонны объяснить

отсутствием должного учета специфичности отдельных типов засоления почвы. Иначе говоря, если селекционная работа проводилась над сортом в условиях одного типа засоления, то это еще не значит, что данный сорт будет устойчив и в разных условиях засоления. Поэтому в районах, где имеются засоленные почвы, селекционная работа и семеноводство должны вестись с учетом типа засоленности и реакции растений на засоление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Советском Союзе значительная площадь занята засоленными почвами. Они встречаются главным образом в среднеазиатских республиках, в Закавказье, на юго-востоке Европейской части СССР, в степных и полустепных районах Сибири. Засоление наиболее широко распространено там, где климатические условия позволяют возделывать разнообразные злаки, технические, плодово-ягодные, бахчевые и овощные культуры.

Скопление в почве большого количества вредных солей создает неблагоприятные условия для произрастания растений, что приводит к снижению урожая и ухудшению его качества. Засоление ухудшает также пастбища, что отрицательно сказывается на животноводстве.

Проблема борьбы с засолением почвы имеет большое народнохозяйственное значение. На агромелиоративные мероприятия по борьбе с засолением ежегодно расходуются большие средства.

Мелиоративные мероприятия являются основным, надежным средством борьбы с избытком солей в почве, в нашей стране они используются в ежегодно возрастающих масштабах. В настоящее время мелиорируются преимущественно солончаки и солончаковые, сильнозасоленные почвы. Но и после мелиорации из-за остаточной засоленности и солонцеватости почвы не всегда удается получить полноценный урожай.

В нашей стране усилия многих ученых различных специальностей направлены на борьбу с засолением. Об этом свидетельствует VI расширенная сессия Академии наук Туркменской ССР (1953), посвященная вопросам борьбы с засолением почв в республиках Средней Азии, Казахстане и Азербайджане. На этой сессии обсуждались многие проблемы, связанные с разработкой практических

мероприятий по борьбе с засолением почв в этих республиках. При открытии сессии президент Академии наук Туркменской ССР Т. Б. Бердыев во вступительном слове подчеркнул, что «Основная задача работников сельского хозяйства на данный период — создание солеустойчивых, высокоурожайных сортов, способных давать хорошие урожаи на засоленных почвах, и одновременно должен быть решен вопрос по рассолению громадных плодородных площадей, имеющих в республике».

В своем решении по вопросу солеустойчивости хлопчатника и других сельскохозяйственных культур сессия отмечает: «Считать необходимым для освоения засоленных земель, в качестве вспомогательного приема, шире использовать биологическую способность растений переносить засоление почв». И далее: «Считать целесообразным продолжить и усилить работы по изучению способности хлопчатника и других сельскохозяйственных культур переносить неблагоприятные условия засоленных и солонцеватых почв».

Однако имеются отдельные специалисты (Ушкалов, 1951; Легостаев, 1953), которые, уделяя должное внимание мелиорации, явно недооценивают эффекта дополнительных мероприятий по повышению урожая культурных растений на засоленных почвах. Такой односторонний подход к борьбе с засолением почвы не содействует успеху развития теории и практики растениеводства в нашей стране.

Вопросы солеустойчивости растений разрабатываются сравнительно давно, но лишь в последние годы намечаются пути применения теоретических изысканий в практике растениеводства. Наряду с мелиорацией и другими мероприятиями, направленными на повышение плодородия засоленных и рассолённых почв, начинают применяться и разнообразные способы повышения солеустойчивости растений.

Выведение солеустойчивых сортов, разработка агротехнических мероприятий для засоленных почв и методов повышения солеустойчивости растений могут успешно осуществляться лишь при глубоком понимании биологии самого растения и его ответных реакций на засоление почвы. Поэтому изучение жизни растений засоленных почв имеет не только познавательное-теоретическое, но и практическое значение.

По современным представлениям все растения по их отношению к избытку солей в почве разделяются на две основные группы — галофиты и гликофиты.

Галофиты могут развиваться на пресном фоне, но лучшими условиями для их роста и развития являются почвы, засоленные до известного предела.

Основная масса представителей этой группы растений заселяет почву с концентрацией солей от 2 до 6%. Приспособление галофитов к засоленным почвам весьма разнообразно и достигается различными путями. Среди галофитов имеются соленакапливающие, солевывделяющие, соленепроницаемые растения и растения, локализирующие соли в специальных структурных образованиях. Вследствие большого накопления солей галофиты имеют высокое осмотическое давление клеточного сока. Благодаря большой сосущей силе корневой системы, превышающей осмотическое давление почвенного раствора, галофиты способны поглощать воду из засоленной почвы.

Своеобразные условия засоленных почв накладывают отпечаток на обмен веществ галофитов. Обычно интенсивность обмена веществ (фотосинтез, дыхание, водообмен, ферментативные реакции и т. д.) у галофитов понижается, и обмен становится более сбалансированным по отношению к высокому содержанию солей в почве. Таким образом, в процессе эволюции у галофитов выработались своеобразные анатомо-морфологические и физиологические свойства, позволяющие им осуществлять жизненные функции при наличии в почве значительного количества вредных солей.

Гликофиты, к которым относятся все культурные растения, в отличие от галофитов, характеризуются отрицательным отношением к избытку солей в почве. Поэтому распространение их на засоленных почвах ограничено высоким содержанием солей в почве. Обычно принято считать, если количество солей превышает 0,5% (от веса почвы), на такой почве вести культуру нецелесообразно. Культурные растения по-разному реагируют на концентрацию солей в почвенном растворе. При этом в явлении солеустойчивости растений имеют значение и многообразные факторы внешней среды (климат, механический состав почвы, ее влажность, запас питательных солей и др.).

В естественных условиях произрастания на засоленных почвах большинство растений испытывает затруднения в получении воды (физиологическая сухость), питательных солей (солевое голодание) и страдает от токсического действия солей, проникающих в клетки. Изучение действия солей на растение в естественных условиях значительно осложняется. Здесь трудно отделить осмотическое действие солей от токсического, так как действие солей меняется в зависимости от их концентрации в среде, накопления в растении, температуры и от других факторов. Под влиянием солей многие факторы, положительно действующие на растения в нормальных условиях (повышенная температура для теплолюбивых растений, свет, питательные соли и пр.), могут действовать даже отрицательно.

Соли по своему токсическому действию вполне соответствуют специфическим ядам. Действие ядов как на растительный, так и на животный организм обусловлено главным образом их концентрацией. Как известно, яды в небольших концентрациях обычно повышают жизнедеятельность организма, тогда как более высокие концентрации или угнетают или вызывают его смерть.

Небольшая степень засоления почвы, и особенно менее вредными солями, может вызвать стимуляцию растений и увеличение урожая, а повышение концентрации солей в почве (особенно сильно токсических) резко подавляет жизненные функции растения или вызывает его отравление.

Специальные исследования показывают, что солеустойчивые растения, по сравнению с несолеустойчивыми, наиболее быстро перестраивают свои жизненные функции в сторону приспособления к неблагоприятным условиям засоленной почвы. Несолеустойчивые растения в условиях засоления более консервативны и неспособны к быстрому изменению своих жизненных функций, в результате они нередко погибают даже при сравнительно небольшом засолении. Растения после многолетнего пребывания в условиях засоления приобретают ряд анатомо-физиологических свойств, которые помогают им переносить повышенное количество солей в почве. Причем приобретенное материнским растением свойство солеустойчивости закрепляется в потомстве.

Признание возможности приспособления растений к засолению почвы и закрепление свойств солеустойчиво-

сти в потомстве послужили основой для разработки самых разнообразных методов повышения солеустойчивости культурных растений. В настоящее время уже имеются методы повышения солеустойчивости растений, позволяющие значительно повысить урожай на засоленных почвах.

Особое значение в проблеме солеустойчивости растений приобретает явление разнокачественности засоления почвы. Как показывают исследования, своеобразные условия произрастания, создаваемые различными типами засоления (карбонатное, хлоридное, сульфатное, сульфатно-хлоридное, хлоридно-сульфатное, смешанное), оказывают глубокое воздействие на жизнедеятельность растений, определяя тем самым и характер его приспособления к засолению почвы. При скоплении в почве менее вредных солей растение подвергается в большей мере осмотическому воздействию, тогда как при накоплении более вредных солей в первую очередь проявляется их токсическое действие. В частности, было установлено, что растения, произрастающие в условиях скопления сульфатов, приобретают черты ксероморфизма, тогда как растения, выращенные в условиях преобладания хлоридов, приобретают признаки галофитизма. Подобные изменения свидетельствуют о том, что в процессе роста и развития растения приспособляются не вообще к избытку солей, а к определенному типу засоления. Учитывая это, селекционная работа и семеноводство, разработка агротехнических мероприятий и методов повышения солеустойчивости растений должны быть районированы с учетом типа засоления почвы.

Проблема солеустойчивости культурных растений в настоящее время подвергается разностороннему исследованию. Ведущая роль в разработке этой проблемы принадлежит ученым нашей страны. Об этом свидетельствуют данные специальной литературы и итоги VIII Международного ботанического конгресса, состоявшегося в 1954 году во Франции. Участник этого конгресса, акад. А. Л. Курсанов (1956) пришел к выводу, что вопросы солеустойчивости растений в Советском Союзе разрабатываются значительно глубже и шире, чем в зарубежных странах.

Интенсивная разработка этой проблемы за последние десятилетия дала возможность некоторым исследователям

как в нашей стране, так и за рубежом разработать гипотезы и теории солеустойчивости растений, которые открывают, несомненно, новые страницы в проблеме солеустойчивости, однако лишь с точки зрения познания отдельных звеньев приспособительных реакций и частных закономерностей во взаимоотношениях между растениями и внешней средой.

В настоящее время проблема солеустойчивости растений находится еще в стадии сбора и накопления фактического материала. Далеко не достаточны и наши знания в области механизма действия солей на растительный организм, без чего не может быть создана общебиологическая теория солеустойчивости растений.

Мы полагаем, что задачей завтрашнего дня является не столько выдвижение новых гипотез и теорий, сколько кропотливый сбор новых фактов, установление новых закономерностей и глубокое изучение механизма действия солей на растение.

ЛИТЕРАТУРА

- Абаева С. С. и Могиленец Л. Д. 1942. Некоторые данные о накоплении сухого вещества хлопчатника в связи с почвенным засолением. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 55—60.
- Абуталыбов М. Г. 1940. Влияние хлоридов на хлопчатник в различных фазах развития. Тр. Бот. ин-та Азерб. филиала АН СССР, т. IX, 5—31.
- Агабабян В. Г. 1953. Перспективы возделывания солестойких растений на засоленных почвах Приараксинской низменности. Изв. АН Арм. ССР, т. VI, № 12, 19—34.
- Агакишиев Д. 1954. Воспитание солеустойчивости советского тонковолокнистого хлопчатника. Автореф. канд. дисс. Ашхабад.
- Алексеев А. М. 1940. Влияние засоления почвы на процесс фотосинтеза у пшеницы. Тезисы докладов совещания по физиологии растений 28 января — 3 февраля 1940 г. М.—Л., Изд-во АН СССР, 166—167.
- Аманов Х. 1942а. Некоторые физиологические особенности хлопчатника на засоленных почвах. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 57—64.
- Аманов Х. 1942б. Повышение солеустойчивости хлопчатника предпосевной яровизацией семян в питательных растворах и внекорневым питанием. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 69—74.
- Антипов-Каратаев И. Н. и др. 1953. Мелиорация солонцов в СССР. М., Изд-во АН СССР.
- Багдасарашвили З. Г. 1952. К вопросу о солевыхосливости виноградной лозы. Почвоведение, № 6, 551—561.
- Баславская С. С. 1940. Влияние хлористых солей на распад крахмала в растениях. Уч. зап. МГУ. Ботаника, вып. 36, 49—66.
- Баславская С. С. 1943. Влияние хлористых солей на деятельность амилазы в растениях. Биохимия, т. 8, вып. 4, стр. 213—221.
- Баславская С. С. и Сыроешкина М. И. 1936. Влияние хлориона на энергию ассимиляции и содержание углеводов в листьях картофеля. Химизация соц. земледелия, № 10, 34—41.
- Бердыев Т. Б. 1954. Вступительное слово при открытии VI сессии. Материалы VI сессии АН Туркм. АН СССР (прилож. к журн. «Изв. АН Туркм. ССР», № 1). Изд-во АН Туркм. ССР.
- Березенко Г. З. 1950. О физиологической сущности солеустойчивости виноградной лозы. Изв. АН Узб. ССР, № 1, 80—87.
- Бияшев Г. 1939. К вопросу о глубине вспашки засоленных почв. Советский хлопок, № 10, 27—30.

- Благовещенский А. В. и Баславская С. С. 1936. О влиянии хлорного иона на содержание хлорофилла и фотосинтез у картофеля. Бюлл. МОИП, отд. биол., т. 14, вып. 6, 410—417.
- Бровцына В. Л. 1946. Влияние почвенного засоления на анатомическое строение листьев хлопчатника. Докл. Всес. совещания по физиологии растений (28 января — 3 февраля 1940 г.), вып. 1, 243—251. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Бурьгин В. А. 1942. О некоторых особенностях поведения американского хлопчатника на засоленных почвах Голодной степи и путях повышения его солеустойчивости. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 81—94.
- Бурьгин В. А. 1947а. Современное состояние вопроса о солеустойчивости хлопчатника. Тр. Научн. сессии АН Узб.ССР, 175—184. Изд. АН Узб. ССР.
- Бурьгин В. А. 1947б. К вопросу о водном балансе хлопчатника на засоленных почвах Голодной степи. Бюлл. АН Узб. ССР, № 5, стр. 18—22.
- Бурьгин В. А. 1952. Солеустойчивость хлопчатника в свете проблемы галофитизма. Автореф. докт. дисс. Ташкент, Изд-во АН Узб. ССР.
- Варламов М. 1951. Новый способ освоения засоленных перелогов. Советское хлопководство, № 27 (80), 4 апреля.
- Варминг Е. 1902. Распределение растений в зависимости от внешних условий (Экологическая география растений). Пер. А. Г. Генкеля. СПб.
- Викulina Л. А. 1938. К изучению физиологии сахарной и кормовой свеклы на почвах солонцового ряда. Тр. Биол. научн.-иссл. ин-та при Перм. гос. ун-те, т. VIII, вып. 1—2, 1—39.
- Гедройц К. К. 1910. Материалы к вопросу о влиянии на растения кислот, щелочей и некоторых неорганических солей. Журн. опытно. агрономии, т. XI, 641—669.
- Генкель П. А. 1950а. Физиология адаптации растений к засолению. Проблемы ботаники, вып. 1, 406—426.
- Генкель П. А. 1950б. О микроскопическом методе диагностики солеустойчивости хлопчатника. Сб. памяти акад. Д. Н. Прянишникова. М.—Л., Изд-во АН СССР, 126—131.
- Генкель П. А. 1954. Солеустойчивость растений и пути ее направленного повышения. Тимирязевские чтения, XII. М., Изд-во АН СССР.
- Генкель П. А. и Колотова С. С. 1940. О предпосевном повышении солеустойчивости. Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, 474—483.
- Генкель П. А. и Колотова С. С. 1941. Предпосевное повышение солеустойчивости хлопчатника. Рефераты научно-исслед. работ учреждений ОБН АН СССР за 1940 г. М.—Л.
- Генкель П. А. и Колотова С. С. 1943. Сравнительный метод оценки степени солеустойчивости хлопчатника. Докл. АН СССР, т. XXXIX, № 5, 209—212.
- Генкель П. А. и Шахов А. А. 1945. Экологическое значение водного режима у некоторых галофитов. Бот. журн. СССР, т. 30, № 4, 154—166.

- Генкель П. А., Колэтова С. С. и Щербаков Н. Н. 1944. Поглощение солей хлопчатником из растворов высоких концентраций. Докл. АН СССР, т. XLII, № 1, 33—37.
- Горев Л. Н. 1954. Эколого-физиологическое обоснование разведения винограда в Узбекистане на почвах с высоким стоянием грунтовых вод. Автореф. докт. дисс. М., Изд-во АН СССР.
- Гущин И. 1938. Солеустойчивость различных сортов пшеницы и ячменя и факторы, обуславливающие ее. Тр. Конфер. по почвовед. и физиол. культ. растений (24—30 января 1937 г.), т. II, 181—189.
- Егоров В. В. 1954. Засоленные почвы и их освоение. М., Изд-во АН СССР.
- Ермошенко М. А. 1942а. Азотный обмен у хлопчатника в условиях почвенного засоления. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 52—54.
- Ермошенко М. А. 1942б. Влияние засоления почвы на активность каталазы листьев хлопчатника. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 49—51.
- Есипов М. С. 1951. Освоение засоленных земель. Ташкент. Госиздат Узб. ССР.
- Жданова Л. П. 1944. Влияние засоления на интенсивность фотосинтеза у различных видов хлопчатника. Докл. АН СССР, т. XIV, № 8, 373—376.
- Захарьянц И. Л. 1947. Влияние засоления на проницаемость плазмы листьев хлопчатника. Изв. АН Узб. ССР, № 5, 39—48.
- Знаменский В. Л. 1929—1930. Влияние солей на развитие и сахаристость арбуза. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. XXIII, 297—317.
- Иванова Е. Н. и Розанов А. Н. 1939. Классификация засоленных почв. Почвоведение, № 7.
- Ильин В. С. 1923. О различной устойчивости растений к засолению (реферат). Научно-агрон. журн., № 7-8, 1924, 534—535.
- Ионесова А. С. 1948. К вопросу об органических кислотах в связи с углеводным обменом у хлопчатника и *Salsola grassa*. Изв. АН Узб. ССР, № 3, 44—49.
- Илясова С. Г. 1942. Содержание пигментов хлорофилла и каротиноидов в листьях хлопчатника в условиях засоления. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 65—68.
- Кабоев В. Е. 1953. Солевыносливость сельскохозяйственных культур. Соц. сельск. хоз-во Узбекистана, № 1, 35—38.
- Катренко Г., 1953. Высокий урожай на засоленных землях. Советское хлопководство, № 13 (274).
- Келлер Б. А. 1923. Растительный мир русских степей, полупустынь и пустынь, вып. 1. Воронеж.
- Келлер Б. А. 1923. Экология растений и борьба земледелия с засолением почв и засухой. Итоги работ с.-х. опытных учреждений Средне-Черноземной обл., вып. 1, Воронеж, Ред.-изд. к-т Наркомзема.
- Келлер Б. А. 1926. Растение и засуха с точки зрения сельского хозяйства. Природа и сельск. хоз-во засушл. пуст. областей СССР, № 1-2, 17—52. Воронеж, Ред.-изд. к-т Наркомзема.

- Келлер Б. А. 1927. О солеросе (*Salicornia herbacea*) и его отношении к засолению. Природа и сельск. хоз-во засушл. пуст. областей СССР, № 1-2, 71—76.
- Келлер Б. А. 1940. Явление крайней солеустойчивости у высших растений в дикой природе и проблема приспособления. Растение и среда. Тр. Лабор. эволюц. экол. растений Моск. бот. сада АН СССР, т. I, 193—215.
- Келлер Б. А. 1951. Избранные сочинения. М., Изд-во АН СССР.
- Клешнин А. 1945. К вопросу о жаростойкости листьев хлопчатника при засолении. Докл. АН СССР, т. XLVII, № 8, 610—612.
- Клешнин А. Ф., Строгонов Б. П. и Шульгин И. А. 1954. Новый метод определения транспирации. Физиология растений, т. 1, № 2, 188—192.
- Клешнин А. Ф., Строгонов Б. П. и Шульгин И. А. 1955. К вопросу об энергетическом балансе растений. Физиология растений, т. 2, вып. 6, 549—557.
- Клинг Е. Г. 1954. К физиологии растения на засоленных почвах. Бюлл. Гл. ботан. сада, вып. 18, 59—73.
- Ковальская Е. М. 1945. Изучение физиологических изменений растительных клеюк некоторых гликофитов и галофитов в процессе их адаптации к засолению. Рефераты научно-исслед. работ ОБН АН СССР за 1944 г. 19—20. М.—Л. Изд-во АН СССР.
- Ковда В. А. 1940. Влияние засоленности почв на качество хлопкового волокна. Соц. сельск. хоз-во Узбекистана, № 7-8, 92—97.
- Ковда В. А. 1937. Солончаки и солонцы. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Ковда В. А. 1946. Происхождение и режим засоленных почв, т. I. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Ковда В. А. 1947. Происхождение и режим засоленных почв, т. II. М.—Л. Изд-во АН СССР.
- Ковда В. А. 1949. Исследование влияния солей на зольный состав хлопчатника. Изв. Туркм. филиала АН СССР, № 3, 25—30.
- Ковда В. А. и Мамаева Л. Я. 1939. Пределы токсичности солей в почвах Пахта-Арал (Голодная степь) для люцерны и хлопчатника. Почвоведение, № 4, 80—98.
- Ковда В. А. и др., 1956. Значение дренажа в повышении плодородия почв. М., Изд-во АН СССР.
- Коньков Б. С. 1948. Агротехнические меры борьбы с засолением почв. Госиздат Узб. ССР.
- Крапивина А. Т. 1954. Водный режим тонковолокнистого хлопчатника в условиях Вахшской долины. Автореф. канд. дисс. М., Изд-во АН СССР.
- Кружилин А. С. 1939—1940. Влияние засоленных почв на рост растений. Соц. зерн. хоз-во, № 6, 96—117.
- Кружилин А. С. 1940. Влияние условий воспитания на изменчивость солестойкости растений. Соц. зерн. хоз-во, № 5, 55—62. Саратов.
- Крупенников И. А. 1944. Солеустойчивость селитрянки (*Nitria Schoberi* L.) в природных условиях. Бот. журн. СССР, т. XXIX, № 2-3, 62—70.
- Кузьменко А. А. и Воробьев С. С. 1935 Биологические основы орошения полевых культур. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Кургульцева Л. И. 1954. Скорость поступления воды в корне-

- вую систему хлопчатника. Автореф. канд. дисс. Ташкент, Изд-во САГУ.
- Курсанов А. Л. 1956. По Франции и Западной Африке. М., Географиз.
- Легостаев В. М. 1953. Труды четвертой сессии Академии наук Туркменской ССР, посвященной вопросам повышения урожайности хлопчатника в Туркменистане, 14—17 января 1953 г. Выступления по докладам. Изд-во АН Туркм. ССР.
- Мавлянов Г. А. и Сляднев А. Ф. 1950. Засоленные пятна на хлопковых землях и борьба с ними. Изд-во АН Узб. ССР.
- Мальцев Т. С. 1951. Через опыт — в науку (сборник статей). О создании солелюбивых сортов яровой пшеницы. Курган. Изд-во «Красный Курган».
- Марголина К. П. 1950. Предпосевное повышение солеустойчивости сахарной свеклы. Тр. Ин-та физиол. растений им. К. А. Тимирязева АН СССР, т. VII, вып. 1, 202—219.
- Марсакова П. Г. 1949. Водный дефицит листьев хлопчатника в условиях почвенного засоления. Бюлл. САГУ, вып. 28. Биология, 15—26.
- Матухин Г. Р. и Бойко Л. А. 1954. Об адаптации томатов к засолению почвы. Докл. АН СССР, т. ХСVI, № 2, 391—394.
- Ниязбердыев А. Х. 1954. Пути улучшения питания хлопчатника на слабо- и средnezасоленных почвах Туркменской ССР. Автореф. канд. дисс. Ашхабад.
- Новиков В. А. 1942. Исследование солеустойчивости хлопчатника. Тр. Узб. филиала АН СССР. Вопросы солеустойчивости растений, сер. XI, вып. 5, 18—48.
- Новиков В. А. 1945. Влияние длины дня на солеустойчивость хлопчатника. Докл. АН СССР, т. XLVIII, № 6, 471—473.
- Новиков В. А. 1949. Влияние интенсивности света на солеустойчивость хлопчатника. Сб. работ памяти академика А. А. Рихтера. Тр. Ин-та физиол. растений им. К. А. Тимирязева АН СССР, т. VI, вып. 2, 194—198.
- Новиков В. А. и Садовская Р. О. 1939. Намачивание семян хлопчатника в борной кислоте как одна из возможностей удовлетворения бором и повышения солеустойчивости. Докл. АН СССР, т. XXIII, № 3, 275—279.
- Носов А. К. 1949. К вопросу об управлении солеустойчивостью хлопчатника. Изв. Туркм. филиала АН СССР, № 3, 31—36.
- Носов А. К. 1953. Труды четвертой сессии АН Туркм. ССР, посвящ. вопросам повышения урожайности хлопчатника в Туркменистане, 14—17 января 1953 г. Выступления по докладам. Изд-во АН Туркм. ССР.
- Оганесян А. П. 1954. О солеустойчивости плодовых культур. Сад и огород, 7, 63—65.
- Окнина Е. З. 1945. Влияние неуравновешенных растворов на растительную клетку. Рефераты научно-исслед. работ ОБН АН СССР за 1944 г. 18—19. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Окнина Е. З. 1953. Поступление солей в растение из неуравновешенных растворов. Тр. Ин-та физиол. растений им. К. А. Тимирязева АН СССР, т. VIII, вып. 1, 354—374.

- Панкратьева - Глаголева А. Ф. 1932. Развитие хлопчатника в растворах с почвенной концентрацией солей. Вегетационные опыты 1926 и 1927 гг. Москва — Ташкент, ОГИЗ.
- Проценко Д. П. 1956. Порівняльна характеристика солестійкості плодівих дерев. Вид. Київськ. держ. ун-ту ім. Т. Г. Шевченка.
- Ратнер Е. И. 1945. О роли транспирации в поглощении минеральных веществ растением в связи с культурой засоленных почв. Изв. АН СССР, сер. биол., № 5, 567—582.
- Ратнер Е. И. 1950. Минеральное питание растений и поглотительная способность почв. Изд. АН СССР.
- Ратнер Е. И. 1953. К физиологической характеристике солевого эффекта у галофитов и гликофитов. Докл. АН СССР, т. LXXXVIII, № 2, 357—360.
- Редкин В. и Фирсов Б. 1953. Посевы хлопчатника на засоленных почвах. Советское хлопководство, № 26 (287).
- Рихтер А. А. 1927. Физиологические основы устойчивости растений Юго-Востока. 1. К вопросу о солеустойчивости. Журн. опытно. агрономии Юго-Востока, т. III, вып. II, 3—16.
- Рихтер А. А. и Дворецкая Е. И. 1930. К вопросу об устойчивости растений Юго-Востока. Солеустойчивость устьичного аппарата. Журн. опытно. агрономии Юго-Востока, т. VIII, вып. 1, 75—85.
- Рожановский С. Ю. 1948. О структурной реакции листьев хлопчатника на почвенное засоление. Изв. АН Узб. ССР, № 3, 19—27.
- Розов Л. П. 1934. Засоление почв в условиях орошения и организации борьбы с ним. Бюлл. № 3. Борьба с засолением почв, 5—22. М. Сельхозгиз.
- Руми В. А. 1950. Поведение генеративных органов хлопчатника в условиях засоления. Докл. АН Узб. ССР, № 6, 37—41.
- Рымарь П. 1953. Орошение дождеванием. Сов. хлопководство, № 8.
- Садыков А. Н. 1940. Интенсивность фотосинтеза у хлопчатника на почвах разной степени засоленности. Тр. Узб. гос. ун-та, вып. 1, 23—28.
- Саидов Д. Қ. и Салихова Г. Т. 1956. Влияние карбонатно-магниевого засоления на интенсивность роста корневой системы хлопчатника. Изв. АН Узб. ССР, № 2, 15—19.
- Севастьянов В. И. 1954. Повышение солеустойчивости ячменей путем воспитания их на засоленной почве. Автореф. канд. дисс. Ростов-на-Дону.
- Сергеев Л. И. 1935. Солевыносливость пшениц в сортовом разрезе. Докл. АН СССР, т. 1, № 7-8, 563—568.
- Сергеев Л. И. 1936а. Стойкость пшениц к почвенному засолению. Труды Комиссии по ирригации. Работы по физиологии растений и микробиологии, вып. 8, 213—229. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Сергеев Л. И. 1936б. Влияние различных концентраций хлората калия на прорастание семян и взрослые сорные растения. Тр. Всес. ин-та зерн. хоз-ва, т. VIII, 93—95.
- Сергеев Л. И. 1953. Выносливость растений М., Изд-во «Советская наука».

- Скосырева А. Н. 1944. Вопросы солеустойчивости многолетней пшеницы. Вестн. АН СССР, № 6, 80—87.
- Смирнов Д. С., 1926. Некоторые особенности в развитии льна под влиянием повышенного осмотического давления почвенного раствора. Научно-агрон. журн., № 5-6, 334—340.
- Строгонов Б. П. 1946. Связывание минеральных ионов в растении при засолении почвы. Докл. АН СССР, т. LIV, № 9, 841—843.
- Строгонов Б. П. 1949. Физиология солеустойчивости хлопчатника. М.—Л. Изд-во АН СССР.
- Строгонов Б. 1950а. Гнездовой посев на засоленных почвах. Советское хлопководство, № 47.
- Строгонов Б. 1950б. Организовать в колхозах семенные базы. Советское хлопководство, № 42.
- Строгонов Б. П. 1954а. Изучение интенсивности роста и структуры корней культурных растений на засоленных почвах. Докл. АН СССР, т. ХСVIII, № 2, 285—288.
- Строгонов Б. П. 1954б. Повышение солеустойчивости хлопчатника путем внутрисортного скрещивания. Журн. общ. биологии, т. XV, № 6, 460—467.
- Строгонов Б. П. и Остапенко Л. А. 1941. Альбумины листа как показатель солеустойчивости хлопчатника. Докл. АН СССР, т. XX, № 1, 66—68.
- Строгонов Б. П. и Остапенко Л. А. 1946а. Об углеводном обмене хлопчатника в условиях засоления. Докл. АН СССР, т. LIV, № 3, 273—276.
- Строгонов Б. П. и Остапенко Л. А. 1946б. Об аммиачном отравлении хлопчатника в условиях засоления. Докл. АН СССР, т. LIV, № 4, 369—371.
- Строгонов Б. П. и Остапенко Л. А. 1946в. Влияние почвенного засоления на азотистый обмен хлопчатника. Тр. совещания по физиологии растений, т. 1. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Строгонов Б. П. и Иваницкая Е. Ф. 1954а. Влияние почвенного засоления на прочность связи хлорофилла с белками хлоропластов у хлопчатника. Докл. АН СССР, т. ХСVIII, № 3, 497—499.
- Строгонов Б. П. и Иваницкая Е. Ф. 1954б. К вопросу о физиологии хлопчатника в условиях различных типов засоления. Физиология растений, т. 1, № 2, 164—172.
- Строгонов Б. П., Клешнин А. Ф. и Иваницкая Е. Ф. 1953. К вопросу о температуре листьев хлопчатника при разных типах засоления в условиях различного водоснабжения. Докл. АН СССР, т. ХСIII, № 1, 179—182.
- Строгонов Б., Наумова А., Муратова В. 1954. Гнездовой посев хлопчатника на засоленных землях. Хлопководство, № 7, 31—35.
- Строгонов Б. П., Иваницкая Е. Ф. и Черняева И. П. 1956. Влияние высоких концентраций солей на растения. Физиология растений, т. 3, вып. 4, 319—327.
- Туева О. Ф. и Марсакова П. Г. 1941. Темпы развития и структура урожая хлопчатника при различном засолении почв. Пробл. советск. почвоведения, сб. 13, 115—125.

- Тулайков Н. М. 1912. Растение и соли почвы. Журн. опытной агрономии, т. XIII, кн. 1, 27—53.
- Тулайков Н. М. 1922. Солонцы, их улучшение и использование. Изд. 2, испр. и дополн. Госиздат.
- Ушкалов Ф. 1951. О книге Б. Строгонова «Физиология солеустойчивости хлопчатника». Хлопководство, № 11, 75—77.
- Федоров Б. В. 1930. Определение степени осолонения почв по растительному покрову. Ташкент.
- Федоров Б. В. 1950. Как бороться с засолением почв в орошаемых районах. Изд. АН Узб. ССР.
- Федоров Б. В. 1954. Коренная мелиорация засоленных и заболоченных земель. Труды шестой сессии АН Туркм. ССР.
- Цветкова И. В. 1953. Повышение солеустойчивости проса и пшеницы на засоленных почвах в орошаемых условиях. Автореф. канд. дисс., М., Изд-во АН СССР.
- Шардаков В. С. 1937. О солеустойчивости хлопчатника. Локализация солей в тканях листа. Докл. АН СССР, т. XVI, № 8, 439—440.
- Шардаков В. С. 1948. Солеустойчивость хлопчатника. 2. Солеустойчивость ранних стадий и возможность селекции на солеустойчивость. Зап. Тадж. с.-х. ин-та, т. I, 81—114.
- Шардаков В. С. 1953. Водный режим хлопчатника. Изд-во АН Узб. ССР.
- Шахов А. А. 1952. Солеустойчивость растений (Эколого-биологическое и эколого-физиологическое исследование). Автореф. докт. дисс. М., Изд-во АН СССР.
- Шахов А. А. 1956. Солеустойчивость растений. М., Изд-во АН СССР.
- Шутев Д. А., Наугольных В. Н., Шапиро Г. Р., Ярошенко К. А., Абуталибов М. Г. 1936. О солеустойчивости хлопчатника. Тр. Азерб. филиала АН СССР, т. XV, бот. сер., 5—75.
- Щукина А. 1926. Химический состав пшениц степного Заволжья и факторы, его определяющие (из работ Безенчукской опытной станции). Научно-агрон. журн., № 5-6, 379—396.
- Юрьева А. В. 1934. Влияние различной концентрации хлористых солей на развитие томатов. Изв. АН СССР, № 7, сер. VII, 1065—1072.
- Arisz W. H. 1954. Transport of chloride in the «symplasm» of *Valisneria* Leaves. *Nature*, v. 174, № 4422, p. 223—224.
- Arnold A. 1955. Die Bedeutung der Chlorionen für die Pflanze. *Bot. Stud.*, H. 2. Jena.
- Eaton Fr. M. 1930. Cell-sap concentration and transpiration as related to age and development of cotton leaves. *Journ. Agr. Res.*, v. 40, № 9, p. 791—803.
- Hansteen B. 1910. Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen. I. und II. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XLVII S. 289—376.
- Harris I. A. 1929. The correlation between the soil salinity and flowering date in cotton. *Journ. Agr. Res.*, v. 38, № 2, p. 109—112.
- Harrison G. J. a. King C. J. 1925. Age of seedlings as a factor in the resistance of maize to sodium chloride. *Journ. Agr. Res.*, vol. 31, № 7, p. 633—640.

- Iejin W. S. 1922a. Wirkung der Kationen von Salzen auf den Zerfall und die Bildung von Stärke in der Pflanze. Bioch. Zschr., Bd. 132, S. 494—510.
- Iijin W. S. 1922b. Synthese und Hydrolyse von Stärke unter dem Einfluß der Anionen von Salzen in Pflanzen. Bioch. Zschr., Bd. 132, S. 511—525.
- Iijin W. S. 1922c. Physiologischer Pflanzenschutz gegen schädliche Wirkung von Salzen. Bioch. Zschr., Bd. 132, 526—542.
- Kaho H. 1923. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. Dorpat.
- Kaho H. 1926a. Ein Beitrag zur Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen der Erdalkalien auf das Pflanzenplasma. Bioch. Zschr., Bd. 167, H. 1—3, S. 25—37.
- Kaho H., 1934. Leelissolade toimest taimeraku deplasmolüüsile. (C peņeparom: über den Einfluß von Alkalsalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen, p. 54—56). Tartu.
- Mason T. G. 1919. On some factors effecting the concentration of electrolytes in the leaf-sap of *Syringa vulgaris*. Proc. Roy. Dublin Soc. Sci. N. S., vol. XV, № 46, p. 651—666.
- Ruhland W. 1915. Untersuchungen über die Hautdrüsen der Plumbaginaeren. Ein Beitrag zur Biologie der Halophyten. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 55, H. 3, S. 409—493.
- Stocker O. 1928. Das Halophytenproblem. Ergebn. d. Biol., Bd. 3, S. 265—353. Berlin.
- Stocker O. 1933. Salzpflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 2. Aufl., Bd. 8, S. 699—712. Jena.
-

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие редактора	3
---------------------------------	---

Г л а в а I

Происхождение и распространение засоленных почв

1. Происхождение засоленных почв	5
2. Типы засоления	8
3. Солончаки и солончаковые почвы	10
4. Первичное засоление	12
5. Провинции соленакопления	15
6. Вторичное засоление	18
7. Солонцы и солонцеватые почвы	21

Г л а в а II

Жизнь растений на засоленных почвах

1. Действие солей на растения	24
2. Галофиты и гликофиты	31
3. Солеустойчивость культурных растений	37
4. Рост и развитие	39
5. Анатомические изменения	46
6. Солевой режим	48
7. Фотосинтез	50
8. Значение света в солеустойчивости	51
9. Интенсивность дыхания и ферментативные реакции	52
10. Углеводный обмен	53
11. Азотный обмен	56
12. Водный режим	58
13. Защитно-приспособительные реакции	62
14. Значение разнокачественности засоления для высших растений	63
15. Солевое отравление при разнокачественном засолении	72
16. Изменение устойчивости растений при разнокачественном засолении	75
17. Хлопчатник в полевых условиях при разнокачественном засолении	77
18. Значение разнокачественности засоления для низших организмов	78

Глава III
Борьба с засолением почвы

1. Мелиорация солончаков	80
2. Агротехнические мероприятия на засоленных почвах	85
3. Мелиорация и агротехнические мероприятия на солонцах	99

Глава IV
Диагностика и оценка солеустойчивости растений

1. Лабораторные методы	103
2. Вегетационные методы	107
3. Полевые методы	107

Глава V
Методы повышения солеустойчивости растений

1. Отбор на солеустойчивость в полевых условиях	109
2. Методы предпосевного и послепосевного повышения солеустойчивости	114
3. Внутрисортное скрещивание	119
Заключение	123
Литература	129

Борис Петрович Строгонов
Растения и засоленные почвы

*Утверждено к печати
редколлегий научно-популярной
литературы Академии наук СССР*

Редактор издательства *А. Ф. Клешнин*
Технический редактор *Т. С. Поленов*

Р11СО № 26—116 В. Сдано в набор 25/III 1958 г.
Подписано к печати 23/VI 1958 г. Формат 84×108¹/₃₂

Печ. л. 4,38=7,18. Уч. изд. л. 6,5

Тираж 4000. Т-05768. Изд. № 2714. Тип. зак. 320

Цена 2 руб.

Издательство Академии наук СССР
Москва Б-64, Подсогненский пер., л. 21.

2-я типография Издательства АН СССР
Москва Г-99, Шубинский пер., д. 10