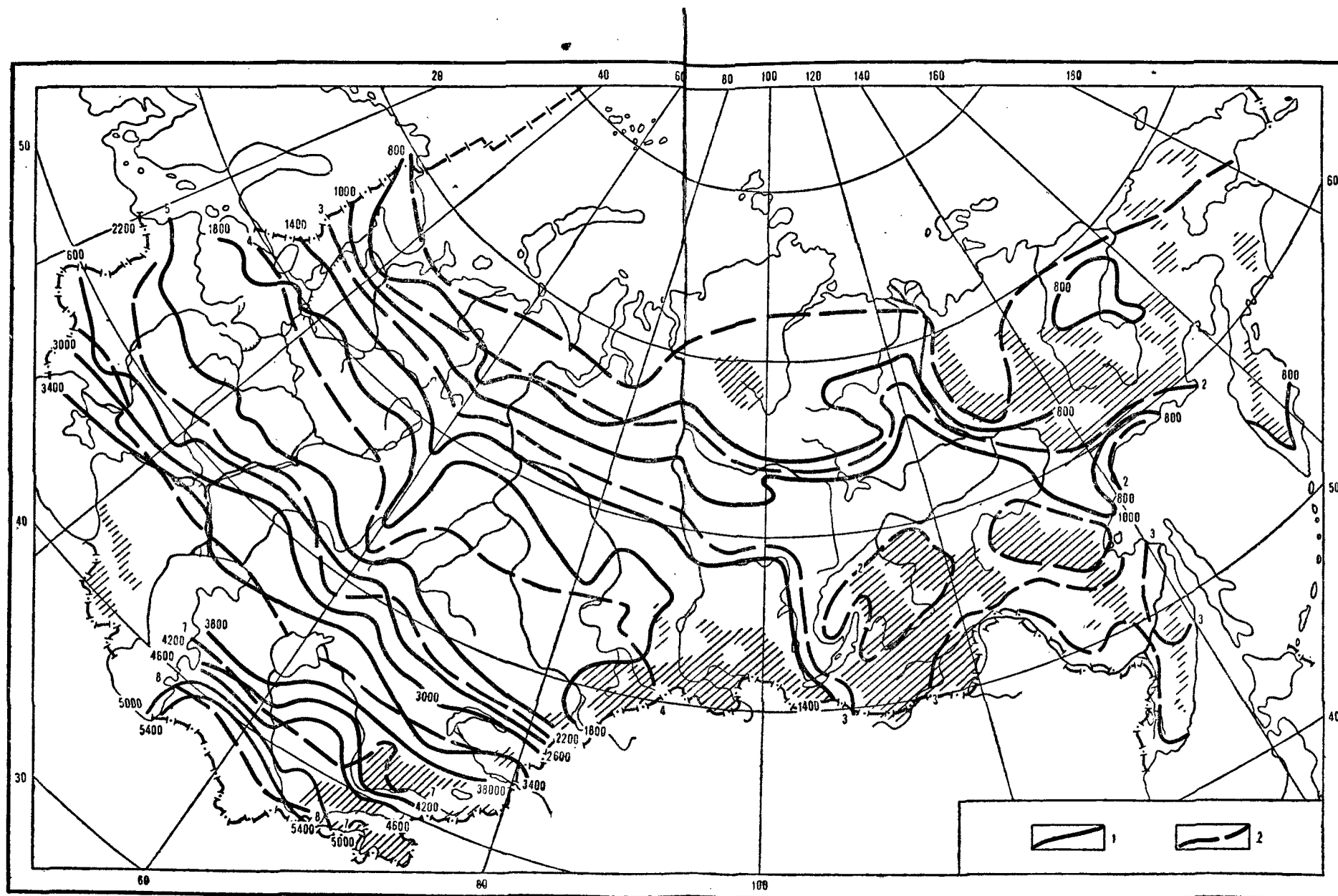




КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЗОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ:

1 — продолжительность вегетационного периода (месяцев); 2 — суммы суточных температур выше 10°C за вегетационный период (градусов)

ББК 42.1

К 30

УДК 633

Рецензент заслуженный деятель науки БАССР Н. Р. БАХТИЗИН

Каюмов М. К.

К 30 Программирование продуктивности полевых культур: Справочник.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Росагропромиздат, 1989.— 368 с.: ил.

ISBN 5-260-00114-1

В справочнике приведены методы расчета возможной продуктивности полевых культур по приходу солнечной энергии, влагообеспеченности посевов и эффективному плодородию почвы.

Во втором издании (первое выпло в 1982 г.) дополнительно приведены технологии возделывания полевых культур на программируемый урожай и интегрированные системы защиты растений.

Рассчитан на руководителей и специалистов сельского хозяйства. Перенздается по предложению книготорговых организаций.

К 3702040000—067
М104(03)—89 35—89

ББК 42.1

Справочное издание

Каюмов Марат Каюмович

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ
ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

СПРАВОЧНИК

2-е издание, переработанное и дополненное

Зав. редакцией Л. Л. Самолюк. Редактор Г. Н. Зверева. Художественный редактор И. Р. Обросков. Художник О. Ю. Антропов. Технический редактор А. А. Айсина. Корректоры А. В. Садовникова, Л. Б. Плешакова, Т. Д. Звягинцева.

ИБ № 2710

Сдано в набор 11.10.88. Подписано в печать 23.02.89. Л 19559. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага кн.-журн. Гарнитура литератур. Печать высокая. Усл. печ. л. 23,0. Усл. кр.-отт. 23,5. Уч.-изд. л. 27,05. Тираж 26 000 экз. Заказ № 2022. Изд. № 1176. Цена 1 руб. 40 коп.

Росагропромиздат, 117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 15, корп. 2.

Областная ордена «Знак Почета» типография им. Смирнова Смоленского облуправления издательств, полиграфии и книжной торговли, 214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.

ISBN 5-260-00114-1

© Россельхозиздат, 1982
© Росагропромиздат, 1989, с изменениями

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР	8
ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА	8
Солнечная энергия и урожай	8
Влагообеспеченность и урожай	15
Структура посевов заданной продуктивности	26
Расчет норм удобрений на заданный урожай	29
Технология возделывания на программируемый урожай	43
ОЗИМАЯ РОЖЬ	48
Солнечная энергия и урожай	48
Влагообеспеченность и урожай	50
Структура посевов заданной продуктивности	62
Расчет норм удобрений на заданный урожай	63
Технология возделывания на программируемый урожай	74
ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА	74
Солнечная энергия и урожай	75
Влагообеспеченность и урожай	78
Структура посевов заданной продуктивности	86
Расчет норм удобрений на заданный урожай	87
Технология возделывания на программируемый урожай	98
ЯЧМЕНЬ	105
Солнечная энергия и урожай	106
Влагообеспеченность и урожай	110
Структура посевов заданной продуктивности	117
Расчет норм удобрений на заданный урожай	121
Технология возделывания на программируемый урожай	130
ОВЕС	133
Солнечная энергия и урожай	133
Влагообеспеченность и урожай	135
Структура посевов заданной продуктивности	139
Расчет норм удобрений на заданный урожай	144
Технология возделывания на программируемый урожай	163
КУКУРУЗА	165
Солнечная энергия и урожай	167
Влагообеспеченность и урожай	177
Структура посевов заданной продуктивности	187
Расчет норм удобрений на заданный урожай	194
Технология возделывания на программируемый урожай	230

РИС	234
Солнечная энергия и урожай	234
Влагообеспеченность и урожай	236
Структура посевов заданной продуктивности	239
Расчет норм удобрений на заданный урожай	239
Технология возделывания на программируемый урожай	272
ПРОСО	277
Солнечная энергия и урожай	277
Влагообеспеченность и урожай	278
Структура посевов заданной продуктивности	279
Расчет норм удобрений на заданный урожай	280
Технология возделывания на программируемый урожай	284
ГРЕЧИХА	286
Солнечная энергия и урожай	285
Влагообеспеченность и урожай	287
Структура посевов заданной продуктивности	288
Расчет норм удобрений на заданный урожай	289
Технология возделывания на программируемый урожай	292
СОРГО	294
Солнечная энергия и урожай	294
Влагообеспеченность и урожай	295
Структура посевов заданной продуктивности	296
Расчет норм удобрений на заданный урожай	298
Технология возделывания на программируемый урожай	301
САХАРНАЯ СВЕКЛА	304
Солнечная энергия и урожай	304
Влагообеспеченность и урожай	306
Структура посевов заданной продуктивности	309
Расчет норм удобрений на заданный урожай	311
Технология возделывания на программируемый урожай	324
КОРМОВАЯ СВЕКЛА	329
Солнечная энергия и урожай	329
Влагообеспеченность и урожай	331
Структура посевов заданной продуктивности	333
Расчет норм удобрений на заданный урожай	334
Технология возделывания на программируемый урожай	343
КАРТОФЕЛЬ	346
Солнечная энергия и урожай	346
Влагообеспеченность и урожай	348
Структура посевов заданной продуктивности	352
Расчет норм удобрений на заданный урожай	354
Технология возделывания на программируемый урожай	365

ВВЕДЕНИЕ

Программирование — составная часть интенсивно развивающейся новой науки об управлении. Суть его заключается в том, чтобы разработать оптимальную программу и систему ее решения. Сейчас программируется буквально все: транспортные задачи перевозок, задачи об анализе деятельности учреждений, хозяйств, предприятий, производств в самых разных масштабах. Эти задачи сравнительно легко решаются в промышленности, связи, на транспорте, где конечные результаты не зависят от природных условий. Программировать урожай сельскохозяйственных культур неизмеримо сложнее. Это значит предвидеть множество случайностей природы, находить выход из тех неожиданных для земледельца трудностей, которые связаны с капризами природы. Но как ни сложна эта задача, она вполне по силам современной науке и практике.

Первые опыты по программированию урожаев сельскохозяйственных культур были проведены в нашей стране известным селекционером-картофелеводом А. Г. Лорхом. Еще в довоенные годы он разработал систему получения 500 ц/га картофеля в условиях Московской области. Намеченная программа была превзойдена: сбор клубней достиг 528 ц/га. Примерно тогда же интересные опыты проводил М. С. Савицкий, который получил 99,8 ц/га озимой пшеницы сорта Московская 02411.

Как же удалось добиться невиданных в те годы рекордов, или, иными словами, в чем была суть составленных ими программ? А. Г. Лорх, разработав график нарастания сухой биомассы картофеля, регулировал в соответствии с ним питание, водоснабжение, углекислотный обмен растений. Программа выращивания полностью соответствовала биологическим особенностям роста и развития картофеля. Позднее, основываясь на этих опытах, ученый довел сбор клубней до 700 ц/га.

Несколько по-иному строил программу получения 100 ц/га зерна озимой пшеницы М. С. Савицкий. Он заранее составил структурную формулу урожая, включающую густоту стояния растений, число продуктивных стеблей, колосьев, зерен в колосе, абсолютную массу зерна. Далее он рассчитал дозу удобрений, которая требовалась для формирования заданного урожая. Не было забы-

то и орошение. И в этих опытах задуманная величина урожая была практически достигнута.

Позднее проблема программирования урожаев стала занимать умы многих ученых. Создание точных приборов, контролирующих рост и развитие растений, обогатило программу новыми экспериментами. Одним из важных стал показатель фотосинтетической деятельности растений. Еще К. А. Тимирязев считал, что предел плодородия земли определяется не количеством вносимых удобрений и подаваемой воды, а количеством световой энергии, посылаемой солнцем на данную поверхность. Поглощая с помощью зеленого пигмента — хлорофилла громадное количество солнечной энергии, растения преобразуют ее в химическую энергию органических соединений, в массу своего «тела». Поэтому основная задача земледельцев — заставить растение наилучшим образом утилизировать энергию солнца для запасаания органических веществ. Следовательно, от объема фотосинтетической деятельности растений, от величины коэффициента использования ими солнечной энергии зависит их продуктивность и в конечном счете урожай.

Мы еще далеки от использования истинных возможностей растений. О том, что можно взять от посевов, свидетельствуют теоретические разработки, выполненные членом-корреспондентом АН СССР А. А. Ничипоровичем. Занимаясь проблемой фотосинтеза и повышением продуктивности растений, он обосновал, что урожай зерна 60 ц/га следует считать всего лишь удовлетворительным, 90 — хорошим и 120 — очень хорошим. Высокие и сверхвысокие урожаи при полном использовании фотосинтетического потенциала посевов находятся за пределами 200 ц/га зерна.

Итак, стержень программы высоких урожаев — в наиболее полной утилизации растениями солнечной энергии. У читателя может возникнуть вопрос, как же конкретно перейти от энергии солнечного луча к урожаю?

Ответить на это можно, используя данные по приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР) за период вегетации культуры или группы культур в пожнивных и поукосных посевах.

На территории РСФСР величина ФАР сильно меняется: за время, соответствующее вегетационному периоду растений, гектар земли в приполярной зоне получает 1—1,5 млрд. ккал, в южных районах — 6—8 млрд. Но растения способны утилизировать для своей фотосинтетической деятельности лишь очень незначительную часть этой энергии — от 0,5 до 1%. Ставится задача — довести утилизацию солнечной энергии растениями до 2—3%. Это крупнейшая научная проблема современного земледелия.

Разумеется, на приход ФАР земледелец влиять не в силах. Но регулировать ее использование посевами — в его власти. Прежде всего правильный выбор направления посевов: расположенные с севера на юг всегда урожайнее, чем с востока на запад.

Очень важно создать посевы с оптимальной площадью листьев, так как именно они улавливают энергию солнца. Необходимо стремиться, чтобы площадь листьев посевов росла быстро и достигала 40—50 тыс. м²/га (4—5 га листьев на 1 га земли). Нужно разработать такую агротехнику, которая как можно дольше бы сохраняла работоспособность листьев. Обобщающий показатель их работоспособности, называемый фотосинтетическим потенциалом, или ФП (площадь листьев · число дней их работы), достигает 3 млн. единиц ФП на 1 га.

Многочисленными опытами установлено, что каждая тысяча единиц ФП создает 2,5—3 кг зерна. Отсюда нетрудно рассчитать, какая требуется густота посева, чтобы получить, например, 100 ц/га зерна. Следует отметить, что солнечную энергию лучше аккумулируют растения с высоким и ярусным расположением листьев, чем с листьями в форме розетки, причем сорта с острым углом прикрепления листьев способны полнее утилизировать ее.

Однако часто получение запрограммированных по приходу ФАР урожаев ограничивается другими факторами жизни растений: углекислотой, влагой, плодородием почвы, реакцией почвенной среды, воздушным режимом. Но предполагается, что уже в ближайшие годы наука будет способна с высокой точностью предсказывать погодные условия, и тогда агроном, оперируя расчетным методом определения величины урожаев, по сводке о запасах влаги и прогнозу осадков сможет заранее рассчитать оросительную норму.

Определив величину запрограммированного урожая, с учетом биологических особенностей культуры и агрохимических параметров почв возможно рассчитать необходимые нормы удобрений и за счет применения интенсивных технологий обеспечить гарантированные урожаи полевых культур и, как следствие, наиболее полно использовать биоклиматический потенциал каждого региона.

Приход ФАР, млрд. ккал/га	Коэффициент использования ФАР, %												
	0,50	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25	3,50
1,5	7,5	11,25	15	18,75	22,5	26,25	30	33,75	37,5	41,25	45	48,75	52,5
1,6	8,0	12,00	16	20,00	24,0	28,00	32	36,00	40,0	44,00	48	52,00	56,0
1,7	8,5	12,75	17	21,25	25,5	29,75	34	38,25	42,5	46,75	51	55,25	59,5
1,8	9,0	13,50	18	22,50	27,0	31,50	36	40,50	45,0	49,50	54	58,50	63,0
1,9	9,5	14,25	19	23,75	28,5	33,25	38	42,75	47,5	52,25	57	61,75	66,5
2,0	10,0	15,00	20	25,00	30,0	35,00	40	45,00	50,0	55,00	60	65,00	70,0
2,1	10,5	15,75	21	26,25	31,5	36,75	42	47,25	52,5	57,75	63	68,25	73,5
2,2	11,0	16,50	22	27,50	33,0	38,50	44	49,50	55,0	60,50	66	71,50	77,0
2,3	11,5	17,25	23	28,75	34,5	40,25	46	51,75	57,5	63,25	69	74,75	80,5
2,4	12,0	18,00	24	30,00	36,0	42,00	48	54,00	60,0	66,00	72	78,00	84,0
2,5	12,5	18,75	25	31,25	37,5	43,75	50	56,25	62,5	68,75	75	81,25	87,5
2,6	13,0	19,50	26	32,50	39,0	45,50	52	58,50	65,0	71,50	78	84,50	91,0
2,7	13,5	20,25	27	33,75	40,5	47,25	54	60,75	67,5	74,25	81	87,75	94,5
2,8	14,0	21,00	28	35,00	42,0	49,00	56	63,00	70,0	77,00	84	91,00	98,0
2,9	14,5	21,75	29	36,25	43,5	50,75	58	65,25	72,5	79,75	87	94,25	101,5
3,0	15,0	22,50	30	37,50	45,0	52,50	60	67,50	75,0	82,50	90	97,50	105,0
3,1	15,5	23,25	31	38,75	46,5	54,25	62	69,75	77,5	85,25	93	100,75	108,5
3,2	16,0	24,00	32	40,00	48,0	56,00	64	72,00	80,0	88,00	96	104,00	112,0

2. Возможный урожай абсолютно сухой биологической массы озимой пшеницы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, мгд, ккал/га	Коэффициент использования ФАР, %												
	0,50	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25	3,50
1,5	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75	83,3	91,7	100,0	108,3	116,7
1,6	17,8	26,7	35,5	44,4	53,3	62,2	71,1	80	88,9	97,8	106,7	115,5	124,4
1,7	18,9	28,3	37,8	47,2	56,7	66,1	75,5	85	94,4	103,9	113,3	122,8	132,2
1,8	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0
1,9	21,1	31,7	42,2	52,8	63,3	73,9	84,4	95	105,5	116,1	126,7	137,2	147,8
2,0	22,2	33,3	44,4	55,5	66,7	77,8	88,9	100	111,1	122,2	133,3	144,4	155,5
2,1	23,3	35,0	46,7	58,3	70,0	81,7	93,3	105	116,7	128,3	140,0	151,7	163,3
2,2	24,4	36,7	48,9	61,1	73,3	85,5	97,8	110	122,2	134,4	146,7	158,9	171,1
2,3	25,5	38,3	51,1	63,9	76,7	89,4	102,2	115	127,8	140,5	153,3	166,1	178,9
2,4	26,7	40,0	53,3	66,7	80,0	93,3	106,7	120	133,3	146,7	160,0	173,3	186,7
2,5	27,8	41,7	55,5	69,4	82,3	97,2	111,1	125	138,9	152,8	166,7	180,5	194,4
2,6	28,9	43,3	57,8	72,2	86,7	101,1	115,5	130	144,4	158,9	173,3	187,8	202,2
2,7	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0	135	150,0	165,0	180,0	195,0	210,0
2,8	31,1	46,7	62,2	77,8	93,3	108,9	124,4	140	155,5	171,1	186,7	202,2	217,8
2,9	32,2	48,3	64,4	80,5	96,7	112,8	128,9	145	161,1	177,2	183,3	209,4	225,5
3,0	33,3	50,0	66,7	83,3	100,0	116,7	133,3	150	166,7	183,3	200,0	216,7	233,3
3,1	34,4	51,7	68,9	86,1	103,3	120,5	137,8	155	172,2	189,4	206,7	223,9	241,1
3,2	35,5	53,3	71,1	88,9	106,7	124,4	142,2	160	177,8	195,5	213,3	231,1	248,9

Для перехода от урожая абсолютно сухой биомассы, рассчитанной по формуле (1), к урожаю зерна при стандартной (14%-ной) влажности пользуются следующей формулой:

$$Y_T = \frac{100Y_{\text{биол}}}{(100-\epsilon)\alpha} \quad (2)$$

где ϵ — стандартная влажность по ГОСТу, %;

α — сумма частей в отношении основной продукции к побочной в биомассе (для озимой пшеницы 1:1,5, или 2,5 части).

Подставив в формулу (2) все имеющиеся показатели, получим, что при 2,5%-ном использовании ФАР посевами озимой пшеницы в условиях средней полосы можно получить 64,6 ц/га зерна

$$Y_T = \frac{100\% \cdot 138,9 \text{ ц/га}}{(100\% - 14\%) \cdot 2,5} = 64,6 \text{ ц/га.}$$

В таблице 3 приведены величины возможных урожаев биологической массы озимой пшеницы при стандартной влажности. В зависимости от прихода ФАР и коэффициента ее использования посевами урожай биомассы колеблется от 19,4 до 289,4 ц/га. Определив местоположение хозяйства, можно рассчитать урожай органической массы пшеницы по усвоению растениями солнечной энергии и каким урожаем эта биомасса будет соответствовать при переводе на зерно. В таблице 4 даны возможные сборы зерна озимой пшеницы в различных условиях РСФСР.

Полученные данные служат научно обоснованным уровнем урожая, к достижению которого можно стремиться в каждом хозяйстве, повышая общую культуру земледелия, внедряя сорта интенсивного типа, выращивая 1,5—2 урожая в год в полевых севооборотах и кормовых угодьях, а также увеличивая посевные площади под теми культурами, которым наиболее благоприятствует теплообеспеченность климата.

В районах с продолжительностью периода активной вегетации 160—170 дней для повышения продуктивности полей и увеличения КПД ФАР пожнивно выращивают вико-овсяную, горохово-овсяную смеси, озимую рожь на зеленый корм, горчицу и люпин на зеленое удобрение, а также организуют двух-, трехукосное использование многолетних трав на сено. В районах республики с продолжительностью этого периода 220—240 дней осваивают севообороты, включающие озимую пшеницу и пожнивно яровую пшеницу или просо, гречиху, что позволяет получать два урожая зерна. В сумме за 1,5—2 урожая можно достичь КПД ФАР 3,5—4,5% при современных КПД 0,5—1,2%. Посевы по средним значениям КПД ФАР (%) подразделяют на следующие группы (по А. А. Ничипоровичу): обычные — 0,5—1,5; хорошие — 1,5—3; рекордные — 3,5—5; теоретически возможные — 6—8. При коэффициенте использования растениями поглощаемой энергии солнечной радиа-

3. Возможный урожай биологической массы (14%-ной влажности) озимой пшеницы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, млрд. ккал/га	Коэффициент использования ФАР, %												
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
1,5	19,4	29,1	38,7	48,4	58,1	67,8	77,5	87,2	96,9	106,6	116,3	126,0	135,7
1,6	20,7	31,0	41,3	51,7	62,0	72,3	82,7	93,0	103,3	113,7	124,0	134,4	144,7
1,7	22,0	32,9	43,9	54,9	65,9	76,9	87,8	98,8	109,8	120,8	131,8	142,8	153,7
1,8	23,2	34,9	46,5	58,1	69,8	81,4	93,0	104,6	116,3	127,9	139,5	151,2	162,8
1,9	24,5	36,8	49,1	61,4	73,6	85,9	98,2	110,5	122,7	135,0	147,3	159,6	171,8
2,0	25,8	38,7	51,7	64,6	77,5	90,4	103,4	116,3	129,2	142,1	155,0	167,9	180,9
2,1	27,1	40,7	54,3	67,8	81,4	95,0	108,5	122,1	135,6	149,2	162,8	176,3	189,9
2,2	28,4	42,6	56,8	71,1	85,3	99,5	113,7	127,9	142,1	156,3	170,5	184,7	199,0
2,3	29,7	44,6	59,4	74,3	89,1	104,0	118,9	133,7	148,6	163,4	178,3	193,1	208,0
2,4	31,0	46,5	62,0	77,5	93,0	108,5	124,0	139,5	155,0	170,5	186,0	201,5	217,0
2,5	32,3	48,4	64,6	80,7	96,9	113,0	129,2	145,3	161,5	177,6	193,8	209,9	226,1
2,6	33,6	50,4	67,2	84,0	100,8	117,6	134,4	151,1	167,9	184,7	201,5	218,3	235,1
2,7	34,9	52,3	69,8	87,2	104,6	122,1	139,5	157,0	174,4	191,9	209,3	226,7	244,2
2,8	36,2	54,3	72,3	90,4	108,5	126,6	144,7	162,8	180,9	199,0	217,0	235,1	253,2
2,9	37,5	56,2	74,9	93,7	112,4	131,1	149,9	168,6	187,3	206,1	224,8	243,5	262,3
3,0	38,8	58,1	77,5	96,9	116,3	135,6	155,0	174,4	193,8	213,2	232,5	251,9	271,3
3,1	40,0	60,1	80,1	100,1	120,1	140,2	160,2	180,2	200,3	220,3	240,3	260,3	280,4
3,2	41,3	62,0	82,7	103,3	124,0	144,7	165,4	186,0	206,7	227,4	248,1	268,7	289,4

4. Возможный урожай зерна озимой пшеницы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, млрд. ккал/га	Коэффициент усвоения ФАР, %												
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
1,5	7,8	11,6	15,5	19,4	23,2	27,1	31,0	34,9	38,8	42,6	46,5	50,4	54,3
1,6	8,3	12,4	16,5	20,7	24,8	28,9	33,1	37,2	41,3	45,5	49,6	53,7	57,9
1,7	8,8	13,2	17,6	22,0	26,3	30,7	35,1	39,5	43,9	48,3	52,7	57,1	61,5
1,8	9,3	13,9	18,6	23,2	27,9	32,5	37,2	41,9	46,5	51,2	55,8	60,5	65,1
1,9	9,8	14,7	19,6	24,5	29,4	34,4	39,3	44,2	49,1	54,0	58,9	63,8	68,7
2,0	10,3	15,5	20,7	25,8	31,0	36,2	41,3	46,5	51,7	56,8	62,0	67,2	72,3
2,1	10,8	16,3	21,7	27,1	32,5	38,0	43,4	48,8	54,3	59,7	65,1	70,5	76,0
2,2	11,4	17,0	22,7	28,4	34,1	39,8	45,5	51,2	56,8	62,5	68,2	73,9	79,6
2,3	11,9	17,8	23,8	29,7	35,6	41,6	47,5	53,5	59,4	65,4	71,3	77,3	83,2
2,4	12,4	18,6	24,8	31,0	37,2	43,4	49,6	55,8	62,0	68,2	74,4	80,6	86,8
2,5	12,9	19,4	25,8	32,3	38,8	45,2	51,7	58,1	64,6	71,1	77,2	84,0	90,4
2,6	13,4	20,1	26,9	33,6	40,3	47,0	53,7	60,5	67,2	73,9	80,6	87,3	94,0
2,7	13,9	20,9	27,9	34,9	41,9	48,8	55,8	62,8	69,8	76,7	83,7	90,7	97,7
2,8	14,5	21,7	28,9	36,2	43,4	50,6	57,9	65,1	72,3	79,6	86,8	94,0	101,3
2,9	15,0	22,5	30,0	37,5	45,0	52,4	59,9	67,4	74,9	82,4	89,9	97,4	104,9
3,0	15,5	23,2	31,0	38,7	46,5	54,3	62,0	69,8	77,5	85,3	93,0	100,8	108,5
3,1	16,0	24,0	32,0	40,0	48,1	56,1	64,1	72,1	80,1	88,1	96,1	104,1	112,1
3,2	16,5	24,8	33,1	41,3	49,6	57,9	66,1	74,4	82,7	90,9	99,2	107,5	115,8

ции, равном 2,5%, урожай зерна в 60 ц/га будут средними, 90—высокими и 120 ц/га — очень высокими. Однако и они не являются предельными, если стремиться к дальнейшему повышению продуктивности посевов.

Коэффициент использования солнечной энергии рассчитывают по формуле

$$K_{\text{ФАР}} = \frac{100 U_{\text{биол.}}}{Q_{\text{ФАР}}} \quad (3)$$

Количество аккумулированной в урожае энергии определяют умножением калорийности растений (q) на биологический урожай ($U_{\text{биол.}}$). При урожае сухой биомассы озимой пшеницы 133,3 ц/га (см. табл. 2) и калорийности 4500 ккал/кг на каждом гектаре ее посевов накапливается 60 млн. ккал энергии (133,3 ц/га · 4500) (см. табл. 1). Этим урожаем при приходе 2,4 млрд. ккал/га ФАР будет использовано 2,5% ФАР:

$$K_{\text{ФАР}} = \frac{100\% \cdot 13\,330 \text{ кг/га} \cdot 4500 \text{ ккал/кг}}{2,4 \text{ млрд. ккал/га}} = 2,5\%$$

Урожаю 133,3 ц/га биомассы, или 62 ц/га зерна, озимой пшеницы соответствует вынос из почвы около 200 кг/га азота (62 ц/га · 3,25 кг/ц), 70 — фосфора (62 · 1,15), 124 кг/га калия (62 ц/га · 2 кг/ц) и 4960 м³/га воды (62 ц/га · 800 ед.). При этих показателях на каждый процент утилизации солнечной энергии посевы должны иметь около 80 кг/га азота, 30 — фосфора, 50 кг/га калия и 2000 м³/га воды. Если количества доступной для растений влаги достаточно для усвоения в урожае 2,5% ФАР, а содержание фосфора в почве составляет для аккумулирования только 1% ФАР, то максимальный урожай будет соответствовать 1% ФАР. При этом создадутся неблагоприятные условия для рационального использования влаги. Если уровень обеспеченности растений элементами минерального питания дает основание рассчитывать на использование приходящей ФАР с КПД 3%, а обеспеченности влагой — всего с КПД 1%, то будет иметь место непроизводительная трата удобрений, а коэффициент их использования и уровень эффективности химизации земледелия будут низкими.

Расчеты показывают, что при высокой агротехнике лучшие сорта озимой пшеницы могут обеспечить аккумулирование до 2,5% ФАР. При этом имеется в виду, что все регулируемые факторы, обуславливающие рост и развитие растений, — сорт, нормы удобрений, технология возделывания культуры, режим орошения в поливном земледелии находятся в оптимальном сочетании и не ограничивают максимально возможный для данных условий урожай.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Определение возможного урожая озимой пшеницы по влагообеспеченности посевов основывается на использовании формулы

$$U_{\text{биол.}} = \frac{100W}{K_w}, \quad (4)$$

где W — продуктивная для растений влага, мм;
 K_w — коэффициент водопотребления, мм · га/ц.

Например, в средней полосе Нечерноземной зоны за год выпадает 50 мм осадков в виде дождя и снега. Из них 25%, или 125 мм [(500 мм · 25%) : 100%], составляют непроизводительные расходы на сток и испарение; 375 мм (500 мм — 125 мм) — это продуктивная для растений влага. На формирование 1 ц сухой биомассы озимая пшеница затрачивает в среднем 375 ц воды. Подставив эти показатели в формулу (4), получим урожай сухой биомассы, равный 100 ц/га:

$$U_{\text{биол.}} = \frac{100 \cdot 375 \text{ мм}}{375 \text{ мм} \cdot \text{га/ц}} = 100 \text{ ц/га.}$$

В переводе на хозяйственно полезный урожай (U_T) стандартной (14%-ной) влажности и отношении массы зерна к массе соломы 1 : 1,5 это соответствует получению 46,5 ц/га зерна:

$$U_T = \frac{100 \cdot 100 \text{ ц/га}}{(100 - 14\%) \cdot (1 + 1,5)} = 46,5 \text{ ц/га.}$$

В таблице 5 приведены урожаи абсолютно сухой биомассы озимой пшеницы (эти же значения будут соответствовать и для других сельскохозяйственных культур) при наличии продуктивной влаги от 200 до 500 мм и коэффициентах водопотребления от 200 до 600. В зависимости от количества продуктивной для растений влаги урожаи составляют 33,3—250 ц/га. Разница в продуктивности обуславливается и колебаниями коэффициентов водопотребления, которые зависят от климатических особенностей вегетационного периода, плодородия почвы, доз удобрений и других факторов. Чем ниже уровень агротехники, тем выше коэффициент водопотребления. Растения затрачивают на создание единицы сухого вещества тем меньше воды, чем полнее удовлетворяются их потребности в других факторах жизнедеятельности. Действительно возможный урожай биомассы стандартной влажности в зависимости от количества продуктивной влаги и затрат ее на формирование единицы органического вещества колеблется также в значительных пределах (табл. 6). При наличии 400 мм продуктивной влаги за период вегетации озимой пшеницы и $K_w = 375$ возможный урожай биомассы составляет 124 ц/га, что равноценно сбору 49,6 ц/га зерна (124 ц/га : 2,5 части) (табл. 7).

5. Возможный урожай абсолютно сухой биомассы озимой пшеницы
в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K _w	Количество продуктивной для растений влаги, мм												
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
200	100,0	112,5	125,0	137,5	150,0	162,5	175,0	187,5	200,0	212,5	225,0	237,5	250,0
225	88,9	100,0	111,1	122,2	133,3	144,4	155,5	166,7	177,8	188,9	200,0	211,1	222,2
250	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	190,0	200,0
275	72,7	81,8	90,9	100,0	109,1	118,2	127,3	136,4	145,4	154,5	163,6	172,3	181,8
300	66,7	75,0	83,3	91,7	100,0	108,3	116,7	125,0	133,3	141,7	150,0	158,3	166,7
325	61,5	69,2	76,9	84,6	92,3	100,0	107,7	115,4	123,1	130,8	138,5	146,1	153,8
350	57,1	64,3	71,4	78,6	85,7	92,9	100,0	107,1	114,3	121,4	128,6	135,7	142,8
375	53,3	60,0	66,7	73,3	80,0	86,7	93,3	100,0	106,7	113,3	120,0	126,7	133,3
400	50,0	56,2	62,5	68,7	75,0	81,2	87,5	93,7	100,0	106,2	112,5	118,7	125,0
425	47,1	52,9	58,8	64,7	70,6	76,5	82,3	88,2	94,1	100,0	105,9	111,8	117,6
450	44,4	50,0	55,6	61,1	66,7	72,2	77,8	83,3	88,9	94,4	100,0	105,6	111,1
475	42,1	47,4	52,6	57,9	63,1	68,4	73,7	78,9	84,2	89,5	94,7	100,0	105,3
500	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0
525	38,1	42,9	47,6	52,4	57,1	61,9	66,7	71,4	76,2	80,9	85,7	90,5	95,2
550	36,4	40,9	45,4	50,0	54,5	59,1	63,6	68,2	72,7	77,3	81,8	86,4	90,9
575	34,8	39,1	43,5	47,8	52,2	56,5	60,9	65,2	69,6	73,9	78,3	82,6	87,0
600	33,3	37,5	41,7	45,8	50,0	54,2	58,3	62,5	66,7	70,8	75,0	79,2	83,3

6. Возможный урожай биологической массы озимой пшеницы стандартной (14%-ной влажности)
в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K _w	Количество продуктивной для растений влаги, мм												
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
200	116,3	130,8	145,3	159,9	174,4	188,9	203,5	218,0	232,5	247,1	261,6	276,2	290,7
225	103,4	116,3	129,2	142,1	155,0	167,9	180,8	193,8	206,7	219,6	232,5	245,5	258,4
250	93,0	104,6	116,3	127,9	139,5	151,2	162,8	174,4	186,0	197,7	209,3	220,9	232,5
275	84,5	95,1	105,7	116,3	126,9	137,4	148,0	158,6	169,1	179,6	190,2	200,3	211,4
300	77,5	87,2	96,9	106,6	116,3	125,9	135,7	145,3	155,0	164,8	174,4	184,1	193,8
325	71,6	80,5	89,4	98,4	107,3	116,3	125,2	134,2	143,1	152,1	161,0	169,9	178,9
350	66,4	74,7	83,1	91,4	99,7	108,0	116,3	124,6	132,9	141,2	149,5	157,8	166,1
375	62,0	69,8	77,5	85,3	93,0	100,8	108,5	116,3	124,0	131,8	139,5	147,3	155,0
400	58,1	65,4	72,7	79,9	87,2	94,5	101,7	109,0	116,3	123,5	130,8	138,1	145,3
425	54,7	61,6	68,4	75,2	82,1	88,9	95,7	102,6	109,4	116,3	123,1	129,9	136,8
450	51,7	58,1	64,6	71,1	77,5	84,0	90,4	96,9	103,4	109,8	116,3	122,7	129,2
475	48,9	55,1	61,2	67,3	73,4	79,6	85,7	91,8	97,9	104,0	110,1	116,3	122,4
500	46,5	52,3	58,1	63,9	69,8	75,6	81,4	87,2	93,0	98,8	104,6	110,5	116,3
525	44,3	49,9	55,3	60,9	66,4	72,0	77,5	83,0	88,6	94,1	99,6	105,2	110,7
550	42,3	47,0	52,8	58,1	63,4	68,7	73,9	79,3	84,5	89,9	95,1	100,5	105,7
575	40,5	45,5	50,6	55,6	60,7	65,7	70,8	75,8	80,9	85,9	91,0	96,0	101,2
600	38,7	43,6	48,5	53,2	58,1	63,0	67,8	72,7	77,5	82,8	87,2	92,1	96,9

8. Возможные урожаи озимой пшеницы в Нечерноземной зоне

Экономический район, область, АССР	R, ккал/см ²	W, мм	T _v , декад.	K _p , баллов	Урожай, ц/га		
					абсолютно сухой биомассы	биомассы 14% ной влажности	зерна
1	2	3	4	5	6	7	8
Калининградская область	28,0	420—525	9,8—10,3	4,085—5,375	81,7—107,5	95,0—125,0	38,0—50,0
Северный район:							
Архангельская	20,0	225—300	9,0—10,0	2,812—4,167	56,2—83,3	65,3—96,9	26,1—38,8
Вологодская	22,5	275—340	9,5—10,0	3,225—4,200	64,5—84,0	75,0—97,7	30,0—39,1
Северо-Западный район:							
Ленинградская	22,5	275—340	9,8—10,3	3,327—4,323	66,5—86,5	77,3—100,6	30,9—40,2
Новгородская	22,5	275—340	9,8—10,3	3,327—4,323	66,5—86,5	77,3—100,6	30,9—40,2
Псковская	22,5	300—340	9,8—10,3	3,630—4,323	72,6—86,5	84,4—100,6	33,8—40,2
Центральный район:							
Брянская	29,0	345—425	10,4—11,3	3,440—4,620	68,8—92,4	80,0—107,5	32,0—43,0
Владимирская	25,0	330—385	9,7—10,8	3,545—4,620	70,9—92,4	82,5—107,5	33,0—43,0
Ивановская	24,5	330—380	9,7—10,3	3,630—4,437	72,6—88,7	84,4—103,1	33,8—41,2
Калининская	24,5	330—380	9,7—10,3	3,630—4,437	72,6—88,7	84,4—103,1	33,8—41,2

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8
Калужская	28,0	320—350	9,5—10,0	3,015—3,472	60,3—69,4	70,1—80,7	28,0—32,3
Костромская	24,5	330—380	9,7—10,3	3,630—4,437	72,6—88,7	84,4—103,1	33,8—41,2
Московская	25,5	385—420	9,9—10,8	4,158—4,941	83,0—98,8	96,5—114,9	38,5—46,0
Орловская	29,0	350—370	10,0—10,5	8,352—3,721	67,0—74,4	77,9—86,5	31,2—34,6
Рязанская	28,0	320—370	10,0—10,5	3,174—3,854	63,5—77,1	73,8—89,6	29,5—35,8
Смоленская	28,0	270—300	9,4—9,6	2,580—2,795	51,6—55,9	60,0—65,0	24,0—26,0
Тульская	28,0	300—350	9,7—10,5	2,900—3,655	58,0—73,1	67,5—85,0	27,0—34,0
Ярославская	24,5	330—360	9,5—10,6	3,545—3,870	70,9—77,4	82,5—90,0	33,0—36,0
Волго-Вятский район:							
Горьковская	25,0	300—360	10,6—10,7	3,545—4,300	70,9—86,0	82,5—100,0	33,0—40,0
Кировская	22,5	300—350	9,4—9,6	3,480—4,148	69,6—82,9	80,9—96,4	32,4—38,6
Марийская АССР	24,0	275—325	9,6—9,8	3,055—3,686	61,1—73,7	71,0—85,7	28,4—34,3
Мордовская АССР	25,0	250—300	9,8—10,0	2,722—3,333	54,4—66,7	63,2—77,5	25,3—31,0
Чувашская АССР	24,5	250—300	9,8—10,0	2,777—3,401	55,5—68,0	64,5—79,1	25,8—31,6
Уральский район:							
Пермская	24,5	300—350	9,8—10,0	3,333—3,968	66,7—79,4	77,5—92,3	31,0—36,9
Свердловская	24,5	300—350	9,8—10,0	3,333—3,968	66,7—79,4	77,5—92,3	31,0—36,9
Удмуртская АССР	24,5	325—350	9,8—10,0	3,611—3,968	77,2—79,4	83,9—92,3	33,6—36,9

В районах Нечерноземной зоны РСФСР, различающихся природно-климатическими условиями, получение запрограммированных урожаев пшеницы, рассчитанных по влагообеспеченности, требует осуществления двойного регулирования водного режима (орошение и осушение) почв.

Оросительные нормы озимой пшеницы для некоторых районов Нечерноземной зоны приведены в таблице 9. Чтобы найти оросительные нормы ее для других районов, можно воспользоваться данными, приведенными в таблице 7. Например, при наличии продуктивной для растений влаги (W) 300 мм, или 30 000 ц/га, и коэффициенте водопотребления (K_w) 375 формируется 37,2 ц/га зерна. Если планируется собрать 62 ц/га зерна, то при том же коэффициенте суммарное водопотребление составит 500 мм. Для получения дополнительного урожая зерна 24,8 ц/га (62 ц/га — 37,2 ц/га) поливной воды потребуются 200 мм (500 мм — 300 мм). Если коэффициент использования ее равен 0,8, оросительная норма составит 250 мм (200 мм : 0,8), или 2500 м³/га.

9. Недостаток водопотребления (оросительные нормы) по межфазным периодам и за период вегетации озимой пшеницы и вероятность появления засух и суховея (по А. Р. Константинову)

Область, АССР	Оросительная норма, м ³ /га	В том числе поливная норма, м ³ /га, по фазам развития			Вероятность засух и суховея, %
		выход в трубку — колошение	колошение — цветение	цветение — молочная спелость	
Калининградская	10	—	—	10	7,5
Вологодская	60	—	10	50	8,0
Ленинградская	40	—	10	30	4,2
Новгородская	20	—	—	20	7,4
Псковская	10	—	—	10	9,1
Брянская	320	50	110	160	17,8
Владимирская	180	10	80	90	10,8
Ивановская	100	—	40	60	9,4
Калининская	100	10	40	50	8,4
Калужская	230	20	100	110	8,9
Костромская	190	—	90	100	10,0
Московская	170	10	70	90	8,8
Рязанская	320	60	120	140	23,6
Смоленская	140	10	60	70	10,0
Тульская	240	30	100	110	24,1
Ярославская	110	—	50	60	9,5
Горьковская	160	10	80	70	10,0
Кировская	140	10	80	60	19,9
Марийская АССР	110	—	60	50	30,0
Мордовская АССР	260	50	110	100	30,0
Чувашская АССР	150	10	80	60	30,0
Пермская	240	50	150	40	24,0
Свердловская	380	110	230	40	24,6
Удмуртская АССР	770	210	500	60	24,9

Годовое количество осадков в степной зоне Кабардино-Балкарской АССР колеблется от 350 до 450 мм, в том числе продуктивной для озимой пшеницы — от 190 до 380 мм (в среднем 285 мм) по годам. На формирование 1 ц зерна здесь затрачивается 1000 ц воды (K_t — товарный коэффициент водопотребления). Отсюда урожайность озимой пшеницы по годам колеблется от 19 (190 мм · 100 : 1000 ц) до 38 (380 мм · 100 : 1000 ц) ц/га зерна. Урожайность 19 ц/га зерна — это предел реальной урожайности озимой пшеницы, когда естественная влагообеспеченность не превышает 190 мм за период весенне-летней вегетации. В благоприятный по влагообеспеченности вегетационный период (380 мм осадков) урожайность достигает 38 ц/га зерна. Величины реально возможных урожаев озимой пшеницы при различных затратах воды на формирование 1 ц зерна и разных соотношениях зерна к соломе приведены в таблице 10.

10. Действительно возможный урожай озимой пшеницы при естественных влагозапасах и различных коэффициентах водопотребления

Зерно: солома	K_t , мм/ц	Урожай зерна, ц/га, при наличии влаги, мм								
		190	200	225	250	275	300	325	350	380
1:1,5	1100	17,3	18,2	20,4	22,7	25,0	27,3	29,5	31,8	34,5
1:1,4	1050	18,1	19,0	21,4	23,8	26,2	28,6	30,9	33,3	36,2
1:1,3	1000	19,0	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	38,0
1:1,2	950	20,0	21,0	23,7	26,3	28,9	31,6	34,2	36,8	40,0
1:1,1	900	21,1	22,2	25,0	27,8	30,5	33,3	36,1	38,9	42,2
1:1,0	850	22,4	23,5	26,5	29,4	32,3	35,3	38,2	41,2	44,7

11. Прогностические формулы водопотребления озимой пшеницы за период ее вегетации

Межфазный период	Формула для прогнозирования	Сумма температур, °С	Водопотребление, мм
Посев — всходы	$E_0 = 0,123 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	162	20
Всходы — кущение	$E_0 = 0,079 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	304	24
Кущение — прекращение вегетации	$E_0 = 0,084 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	120	12
Посев — прекращение вегетации	$E_0 = 0,095 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	586	56
Возобновление вегетации — выход в трубку	$E_0 = 0,165 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	400	66
Выход в трубку — колошение	$E_0 = 0,370 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	320	118
Колошение — цветение	$E_0 = 0,200 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	235	47
Цветение — молочная спелость	$E_0 = 0,196 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	290	57
Молочная — восковая спелости	$E_0 = 0,234 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	372	87
Восковая — полная спелости	$E_0 = 0,103 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	136	14
Весенне-летний период	$E_0 = 0,222 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	1753	389
Посев — полная спелость	$E_0 = 0,190 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	2339	445

Гарантированные сборы зерна, близкие к потенциальной урожайности сортов озимой пшеницы порядка 50—60 ц/га зерна, возможны лишь на орошаемых землях зоны. Для получения их требуется знать суммарное водопотребление, которое рассчитывают по формуле

$$E_0 = k \Sigma t, \quad (6)$$

где k — коэффициент расхода влаги за межфазные периоды или за период вегетации, мм/°С;

Σt — сумма температур за межфазные периоды или за период вегетации, °С.

При наличии коэффициентов расхода влаги и сумм температур можно прогнозировать водопотребление за межфазные периоды и за весь период вегетации. В таблице 11 приведены прогностические формулы водопотребления озимой пшеницы, рассчитанные по приходу ФАР и сумме температур.

За период вегетации озимой пшеницы суммарное водопотребление должно составить 445 мм/га, или 4450 м³/га, или 44 500 ц/га.

Оросительная норма (N_{op}) составляет разницу между суммарным водопотреблением (E_0) и количеством осадков (O_c), выпадаемых за период вегетации:

$$N_{op} = E_0 - O_c. \quad (7)$$

При выпадении минимального количества осадков (190 мм/га) оросительная норма озимой пшеницы составит 255 мм/га, или 2550 м³/га:

$$N_{op} = 445 \text{ мм/га} - 190 \text{ мм/га} = 255 \text{ мм/га}.$$

Ее значение уменьшается при выпадении максимального количества осадков (380 мм/га) и составит всего 65 мм/га (445—380). Но, как правило, осадков выпадает наименьшее количество. Тогда, из 2550 м³/га оросительной нормы 800 м³/га следует использовать для влагозарядкового полива осенью, а оставшуюся часть (1750 м³/га) распределить на поливные нормы (1750 м³/га : 350 м³/га = 5 поливов) весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы.

Опыты и практика показывают, что оптимальный водный режим под посевами озимой пшеницы поддерживается на уровне 70% НВ в слое почвы 0—100 см в течение всей вегетации.

Расчет потребности растений в поливной воде в межфазные периоды ведут следующим образом. Например, на первом поле наименьшая влагоемкость равна 3440 м³/га, на втором — 3520 м³/га. При поддержании предполивной влажности не ниже 70% НВ нижний предел наименьшей влагоемкости составит на первом поле 2408 м³/га (3440 м³/га · 70% НВ : 100%), на втором — 2464 м³/га (3520 м³/га · 70% НВ : 100%). В почвенных образцах, взятых из слоя 0—100 см 20 апреля, фактическая влажность ока-

залась равной 2670 м³/га на первом поле, 2800 м³/га — на втором, что составляет соответственно 77,6% НВ (2670 м³/га : 3440 м³/га × 100%) и 79,5% НВ (2800 м³/га : 3520 м³/га · 100%). Полезный запас влаги на первом поле равен 262 м³/га (2670 м³/га — 2408 м³/га) и 336 м³/га — на втором (2800 м³/га — 2464 м³/га). При среднесуточном расходе 30 м³/га влаги запасов воды в метровом слое почвы будет достаточно на первом поле на 9 дней (262 м³/га : 30 м³/га = 8,7 дня), на втором — на 11 дней (336 м³/га : 30 м³/га = 11,2 дня). Расчетная дата очередного полива на первом поле — 29 апреля, на втором поле — 1 мая.

Поливная норма для первого поля равна 90% НВ — 70% НВ = (90% · 3440 м³/га : 100%) — (70% · 3440 м³/га : 100%) = 3096 м³/га — 2408 м³/га = 688 м³/га; поливная норма для второго — (90% · 3520 м³/га : 100%) — (70% · 3520 м³/га : 100%) = 3168 м³/га — 2464 м³/га = 704 м³/га. Поливы следует начать за 3 дня до расчетного срока (27 апреля на первом поле, 30 апреля — на втором), чтобы к этим срокам они уже были завершены. По такой же последовательности рассчитывают поливные нормы на последующие фазы развития растений, для чего по фазам развития или через каждые 10 дней на полях необходимо брать почвенные образцы на влажность и регистрировать количество осадков, выпадаемых за этот период.

Получение запрограммированных урожаев озимой пшеницы обеспечивается лишь при правильном распределении оросительной нормы, используемой на полив. Весьма благоприятный водный режим почвы под посевами озимой пшеницы формируется при следующих сроках полива: под основную обработку занятого пара или осенью в фазу кушения растений (46—53% оросительной нормы), во время весеннего возобновления вегетации, выхода растений в трубку, колошения и цветения. Влагозарядковый полив обязателен, так как именно в фазу кушения происходит закладка будущего урожая: формируется колос и количество колосков. При оптимальном водном режиме и достаточном количестве азота и фосфора в точке роста образуется колос с большим числом колосковых бугорков.

Осенний влагозарядковый полив и осадки осенне-зимнего периода способствуют накоплению значительных количеств влаги в метровом слое почвы. В фазу весеннего отрастания растений в слое 0—100 см НВ составляет в среднем 95%, или 3344 м³/га (3520 м³/га · 95% : 100%). Полезный запас влаги при поддержании предполивной влажности почвы в расчетном слое не ниже 70% НВ (2464 м³/га от НВ) достигает 880 м³/га (3344 — 2464 м³/га), что при среднесуточном расходе около 30 м³/га влаги достаточно на 29 дней, т. е. до мая. Поэтому в фазу весеннего отрастания растений проводить полив озимой пшеницы нецелесообразно. В этот период лучше нарезать временные оросители для полива дождеванием.

В фазу выхода растений в трубку в почве содержится также достаточное количество влаги. В эту фазу при выпадении незначительного количества осадков полив проводят небольшими нормами (300—350 м³/га).

К поливу растения отзывчивы в фазу колошения и цветения. Снижение влагозапасов ниже 60—65% НВ приводит к недобору 70% урожая. Поэтому даже в годы с достаточным количеством осадков в фазу колошения или цветения нормы полива должны быть не менее 400 м³/га. С учетом биологических требований озимой пшеницы и количества выпадаемых осадков в таблице 12 приведены режимы орошения этой культуры.

12. Режимы орошения озимой пшеницы

Количество осадков, мм	Оросительная норма, м³/га	Влагозарядковый полив, м³/га	Вегетационные поливы, м³/га					Число поливов
			всего	1-й (весеннее отрастание)	2-й (выход в трубку)	3-й (колошение)	4-й (цветение)	
190	2550	1200	1350	250	350	450	300	4
200	2450	1200	1250	250	300	400	300	4
210	2350	1200	1150	250	250	400	250	4
220	2250	1200	1050	300	350	400	—	3
230	2150	1150	1000	300	300	400	—	3
240	2050	1100	950	250	300	400	—	3
250	1950	1050	900	250	250	400	—	3
260	1850	1000	850	—	400	450	—	2
270	1750	950	800	—	400	400	—	2
280	1650	900	750	—	350	400	—	2
290	1550	850	700	—	300	400	—	2
300	1450	800	650	—	300	350	—	2
310	1350	750	600	—	250	350	—	2
320	1250	700	550	—	250	300	—	2
330	1150	650	500	—	250	250	—	2
340	1050	600	450	—	—	450	—	1
350	950	550	400	—	—	400	—	1
360	850	500	350	—	—	350	—	1
370	750	400	350	—	—	350	—	1
380	650	300	350	—	—	350	—	1

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

В основу разработки оптимальной по продуктивности структуры посева, площадь листьев которого соответствует наличию доступной для растений влаги и заданному урожаю биомассы, должна быть положена влагообеспеченность. При обосновании заданных размеров площади листьев в посевах озимой пшеницы учитывают, какое количество воды будет транспирироваться ассимиляционным аппаратом и достаточно ли той продуктивной влаги, которой располагает данное поле для создания необходимого

количества продукции. Формирование биомассы будет оптимальным в том случае, если посевы имеют ежедневно столько воды, сколько нужно для испарения в зависимости от величины поглощаемой ими солнечной радиации.

При расчетах биологического урожая густота посева — один из важнейших показателей оптимальной фотосинтетической деятельности растений. Ее, как правило, определяют по полевой всхожести семян. Однако некоторая часть растений к уборке отмирает. Поэтому для получения оптимального количества растений к уборке и заданного урожая рекомендуют устанавливать общую выживаемость семян и растений. При наличии этого показателя заданную норму высева рассчитывают по формуле

$$N = \frac{10^4 P A}{P_r V_{\text{общ}}}, \quad (8)$$

где P — количество растений при уборке урожая;
 A — масса 1000 зерен, г;
 $V_{\text{общ}}$ — общая выживаемость семян и растений, %;
 P_r — посевная годность семян, %.

Например, агрофизические свойства почвы и влагообеспеченность позволяют получать 50 ц/га зерна озимой пшеницы. Масса 1000 зерен — 35 г, выход зерна с 1 колоса — 1,2 г. Чтобы получить 50 ц/га зерна, к уборке необходимо иметь около 420 продуктивных стеблей на 1 м² (50 ц/га : 1,2 г · 10⁴), что при средней кустистости 1,2 соответствует 3,5 млн. растений (350 растений на 1 м² = 420 : 1,2) на 1 га. При общей выживаемости семян и растений 70% и посевной годности семян 95% норма высева равна

$$N = \frac{10^4 \cdot 3,5 \text{ млн. растений/га} \cdot 35 \text{ г}}{95\% \cdot 70\%} = 184 \text{ кг/га.}$$

В таблице 13 приведены нормы высева семян озимой пшеницы, рассчитанные с учетом продуктивной кустистости растений и об-

13. Нормы высева семян озимой пшеницы на заданный урожай при различной продуктивной кустистости (масса зерна с колоса — 1 г; общая выживаемость семян и растений к уборке — 75%; масса 1000 зерен — 40 г)

Урожайность, ц/га	Норма высева	Продуктивная кустистость					
		1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
50	млн. семян/га	4,44	4,17	3,92	3,70	3,50	3,33
	кг/га	178	167	157	148	140	133
55	млн. семян/га	4,89	4,59	4,31	4,07	3,85	3,67
	кг/га	196	184	173	163	154	147
60	млн. семян/га	5,33	5,00	4,71	4,44	4,20	4,00
	кг/га	213	200	188	178	168	160

щей выживаемости семян. Такие расчеты дают возможность определить оптимальную норму высева на заданный урожай и сэкономить до 25—30% семенного материала при программировании густоты посева, которую уточняют по выходу зерна на 1 тыс. единиц фотосинтетического потенциала (ФП).

Фотосинтетический потенциал — это число рабочих дней площади листьев. Его определяют суммированием площади листьев за каждый день вегетации или умножением средней площади листьев ($L_{\text{ср}}$) на длину вегетационного периода (T_v):

$$\text{ФП} = L_{\text{ср}} \cdot T_v. \quad (9)$$

Многочисленные определения показали, что 1 тыс. единиц ФП обеспечивает сбор 2—3 кг зерна озимой пшеницы. При программировании урожая зерна 50 ц/га за период вегетации озимой пшеницы ($T_v = 100$ дней) суммарный фотосинтетический потенциал составит 2,5 млн. $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}$:

$$\text{ФП} = 10^3 (Y_T : M_{\text{фп}}), \quad (10)$$

где Y_T — заданный урожай товарной продукции, ц/га;

$M_{\text{фп}}$ — масса зерна на 1 тыс. единиц ФП, кг.

$$\text{ФП} = 10^3 \text{ тыс. } \text{м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.} \cdot (50 \text{ ц/га} : 2 \text{ кг}) = 2,5 \text{ млн. } \text{м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}$$

Зная продолжительность вегетационного периода и величину фотосинтетического потенциала, по формуле (9) определяют среднюю площадь ассимиляционной поверхности листьев:

$$L_{\text{ср}} = \text{ФП} : T_v = 2,5 \text{ млн. } \text{м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.} : 100 \text{ дн.} = 2,5 \text{ тыс. } \text{м}^2/\text{га}.$$

К фазе колошения такой посев должен иметь максимальную площадь листьев 45,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ ($L_{\text{макс}} = L_{\text{ср}} \cdot 1,83 = 25 \text{ тыс. } \text{м}^2/\text{га} \cdot 1,83$).

Средней площади листьев ($L_{\text{ср}}$) должны соответствовать определенная густота посева и нормы высева. Если считать, что с каждого колоса будет получено по 1 г зерна, то при урожае 50 ц/га на 1 га должно быть 5 млн. колосьев (500 колосьев на 1 м^2), что при продуктивной кустистости 1,2 соответствует 4,2 млн. растений (420 растений на 1 м^2). При общей выживаемости семян и растений к уборке ($V_{\text{общ}}$) 70% на каждый гектар необходимо высеять 6 млн. семян [(4,2 млн. растений : 70%) · 100%].

Заданному урожаю 30 ц/га зерна озимой пшеницы будут соответствовать 1,5 млн. единиц ФП [$10^3 \cdot (30 \text{ ц/га} : 2 \text{ кг})$], средняя площадь листьев 15 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, 300 продуктивных колосьев, 250 растений на 1 м^2 и норма высева 3,6 млн. семян на 1 га. Следовательно, для получения 30 ц/га зерна на каждый гектар требуется высеять на 40% меньше семенного материала, чем при заданном урожае 50 ц/га. В таблице 14 приведены фитометрические показатели и нормы высева для заданных урожаев озимой пшеницы. В условиях хозяйства они должны быть получены применитель-

но к каждому сорту и уточняться в зависимости от климатических особенностей вегетационного периода, норм удобрений, вида предшественников, культуры земледелия и др.

14. Фитометрические показатели посевов озимой пшеницы различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай, ц/га							
	25	30	35	40	45	50	55	60
Средняя площадь листьев ($L_{\text{ср}}$), тыс. $\text{м}^2/\text{га}$	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
Максимальная площадь листьев ($L_{\text{макс}}$), тыс. $\text{м}^2/\text{га}$	22,9	27,5	32,1	36,7	41,2	45,8	50,4	55,0
Фотосинтетический потенциал посева (ФП), млн. $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}$	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Выход зерна с 1 колоса, г	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Количество продуктивных колосьев к уборке на 1 м^2 , шт.	250	300	350	400	450	500	550	600
Продуктивная кустистость	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Количество растений к уборке на 1 м^2 , шт.	210	250	290	330	375	420	460	500
Выживаемость семян и растений к уборке ($V_{\text{общ}}$), %	70	70	70	70	70	70	70	70
Норма высева, млн. семян/га	3,0	3,6	4,1	4,7	5,4	6,0	6,6	7,1

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Важные условия программирования и достижения заданного урожая озимой пшеницы — это обоснование оптимальных норм удобрений, удовлетворение заранее известных потребностей растений в питательных веществах, а также сохранение и повышение эффективного плодородия почвы.

При обосновании норм удобрений под озимую пшеницу на всех типах почв положительные результаты дает учет следующих агрохимических показателей: химического состава (содержания NPK) основной и побочной продукции; выноса элементов минерального питания единицей урожая; обеспеченности почв доступными для растений азотом, фосфором, калием и микроэлементами; использования NPK почвы и удобрений в зависимости от типа почвы,

погодных условий и уровня заданных урожаев; окупаемости 1 кг NPK урожаем.

В таблице 15 приведено среднее содержание питательных веществ в растениях озимой пшеницы. Зная количество элементов питания в органах растений, определяют вынос NPK программным урожаем. Для этого величину заданного урожая по отдельным органам умножают на их химический состав. Для получения 50 ц/га зерна озимой пшеницы потребуется 125 кг/га азота (50·2,5), 42,5 — фосфора (50·0,85) и 25 кг/га калия (50·0,5). Этому урожаю зерна соответствует 75 ц/га соломы (50·1,5), с которой растениями будет вынесено из почвы 37,5 кг/га азота (75·0,5), 15 — фосфора (75·0,2) и 75 кг/га калия (75·1). Общий вынос равен сумме выносов питательных веществ отдельными органами: 162,5 кг/га азота (125+37,5), 57,5 — фосфора (42,5+15) и 100 кг/га калия (25+75). Для удобства расчета норм удобрений пользуются обычно выносом NPK 1 ц зерна. Тогда общий вынос питательных веществ делят только на заданный урожай зерна. Озимая пшеница на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы выносит (кг): N—3,25 (162,5:50), P₂O₅—1,15 (57,5:50), K₂O—2 (100:50). С увеличением урожая общий вынос элементов питания возрастает, но даже при больших колебаниях урожаев расход питательных веществ на 1 ц зерна — величина довольно постоянная, которой можно пользоваться при расчете норм удобрений на заданный урожай.

15. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае озимой пшеницы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	2,50	0,85	0,5	3,85
в соломе	0,50	0,20	1,0	1,7
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы, кг	3,25	1,15	2,00	6,4
Соотношение NPK:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,354	0,616	2,97
фосфор » » 1	2,826	1,00	1,739	5,565
калий » » 1	1,625	0,575	1,00	3,20
в процентах	50,78	17,97	31,25	100

Технология получения запрограммированных урожаев озимой пшеницы предусматривает обоснование экономически выгодных норм удобрений для культуры (сорта), доля участия которых в

получении заданной продуктивности иногда достигает 60—70%, особенно на почвах легкого механического состава. Для дерново-подзолистых и серых лесных почв при наличии картограмм обеспеченности их питательными веществами хорошие результаты дает логическая схема расчета (табл. 16). Следовательно, для получения 50 ц/га зерна на данном поле потребовалось внести N₁₂₃P₁₀₁K₅₂, или в сумме 276 кг/га NPK. На 1 кг NPK, внесенного в почву, при этой дозе можно получить около 8,3 кг зерна (22,8 ц/га зерна: 276 кг/га NPK).

16. Расчет норм питательных веществ на заданный урожай зерна озимой пшеницы 50 ц/га (глубина расчетного слоя почвы — 22 см; 1 мг/100 г почвы NPK=30 кг/га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы (B ₁), кг	3,25	1,15	2,00
Общий вынос на заданный урожай (B _{об} =UB ₁), кг/га	162,5	57,5	100
Содержание элементов в почве:			
мг/100 г (П)	11,8	13,4	22,1
кг/га (ПК _м)	354	402	663
Коэффициент использования NPK из почвы (K _п)	0,25	0,08	0,10
Возможный вынос из почвы (B _п =ПК _м K _п), кг/га	88,5	32,2	66,3
Недостающее количество (B _у =B _{об} —B _п), кг/га	74,0	25,3	33,7
Коэффициент использования питательных веществ из удобрений в год их внесения (K _у)	0,60	0,25	0,65
Потребуется внести с учетом коэффициента использования NPK туков (D _{д.в} =B _у :K _у), кг/га	123	101	52

При указанных агрохимических показателях почвы за счет эффективного ее плодородия можно собрать 27,2 ц/га (88,5 кг/га N:3,25 кг/ц) зерна по азоту, 28 (32,2 кг/га P₂O₅:1,15 кг/ц) — по фосфору и 33,1 ц/га (66,3 кг/га K₂O:2 кг/ц) зерна по калию.

Возможный вынос растениями азота, фосфора и калия из почвы (B_п) определяют на основе картограмм обеспеченности этими элементами по формуле

$$B_p = PK_m K_p, \quad (11)$$

где П — содержание элемента питания в почве, мг/100 г;

K_м — коэффициент для перевода питательного элемента из мг/100 г в кг/га;

K_п — коэффициент использования питательного вещества почвы.

Например, по картограмме в 100 г почвы содержится 10 мг легкогидролизуемого азота (П). Если он используется на 25% (K_n) из пахотного слоя 0—22 см ($K_m=30$ кг/га), то растениям может быть усвоено 75 кг/га этого элемента питания:

$$B_n = 10 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,25 = 75 \text{ кг/га N.}$$

При содержании в почве 3—25 мг/100 г легкогидролизуемого азота и использовании его на 20—35% растениями может быть вынесено 18—262,5 кг/га азота (табл. 17).

В таблице 18 приведены величины возможных урожаев ($Y_{\text{эф}}$) озимой пшеницы, рассчитанные как отношение выноса питательного элемента из почвы (B_n) к выносу его 1 ц зерна (B_1).

При содержании в почве 16 мг/100 г легкогидролизуемого азота и использовании на 25% возможный вынос его составляет 120 кг/га, что обеспечивает получение 36,9 ц/га зерна: $Y_{\text{эф}} = 120 \text{ кг/га N} : 3,25 \text{ кг/ц} = 36,9 \text{ ц/га}$. В зависимости от содержания азота в почве и усвоения его растениями возможные урожаи зерна озимой пшеницы колеблются от 5,5 (18 кг/га N: 3,25 кг/ц) до 80,7 ц/га (262,5 кг/га N: 3,25 кг/ц).

Фосфор на различных типах почвы используется на 5—20%, что обуславливает значительное колебание выноса растениями этого элемента питания от 4,5 (3 мг/100 г · 30 кг/га · 0,05) до 150 кг/га (25 мг/100 г почвы · 30 кг/га · 0,2) (табл. 19). При этом возможны урожаи озимой пшеницы от 3,9 (4,5 кг/га P_2O_5 : 1,15 кг/ц) до 130,4 ц/га (150 кг/га P_2O_5 : 1,15 кг/ц) (табл. 20).

Почти все почвы, за исключением торфяно-болотных, содержат относительно большое количество доступного для растений калия. Вынос его из почвы с урожаями озимой пшеницы незначителен, вследствие чего коэффициент использования K_2O составляет 8—10%. В таблице 21 приведен возможный вынос растениями калия из почвы. При содержании его в почве от 3 до 30 мг/100 г и использовании растениями на 8—20% эти показатели колеблются от 7,2 (3 мг/100 г · 30 кг/га · 0,08) до 180 кг/га (30 мг/100 г · 30 кг/га · 0,2). При затрате 2 кг калия на 1 ц зерна возможны сборы зерна озимой пшеницы от 3,6 (7,2 кг/га: 2 кг/ц) до 90 ц/га (180 кг/га: 2 кг/ц). Если в почве содержится 12 мг/100 г K_2O (или 360 кг/га), то при использовании его растениями на 15% возможный вынос составит 54 кг/га (360 кг/га · 0,15), что достаточно для формирования урожая зерна 27 ц/га (54 кг/га: 2 кг/ц), при усвоении на 20% — 36 ц/га (табл. 22).

Эти показатели необходимы для контроля за правильностью расчета норм удобрений, а также за определением урожайной способности пашни по каждому элементу минерального питания.

17. Возможный вынос азота из почвы при различном использовании его растениями озимой пшеницы, кг/га

Коэффициент использования азота, %																	
Содержание азота, мг/100 почвы		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	18	18,9	19,8	20,7	21,6	22,5	23,4	24,3	25,2	26,1	27	27,9	28,8	29,7	30,6	31,5	
4	24	25,2	26,4	27,6	28,8	30,0	31,2	32,4	33,6	34,8	36	36	37,2	38,4	39,6	40,8	42,0
5	30	31,5	33,0	34,5	36,0	37,5	39,0	40,5	42,0	43,5	45	45	46,5	48,0	49,5	51,0	52,5
6	36	37,8	39,6	41,4	43,2	45,0	46,8	48,6	50,4	52,2	54	54	55,8	57,6	59,4	61,2	63,0
7	42	44,1	46,2	48,3	50,4	52,5	54,6	56,7	58,8	60,9	63	63	65,1	67,2	69,3	71,4	73,5
8	48	50,4	52,8	55,2	57,6	60,0	62,4	64,8	67,2	69,6	72	72	74,4	76,8	79,2	81,6	84,0
9	54	56,7	59,4	62,1	64,8	67,5	70,2	72,9	75,6	78,3	81	81	83,7	86,4	89,1	91,8	94,5
10	60	63,0	66,0	69,0	72,0	75,0	78,0	81,0	84,0	87,0	90	90	93,0	96,0	99,0	102,0	105,0
11	66	69,3	72,6	75,9	79,2	82,5	85,8	89,1	92,4	95,7	99	99	102,3	105,6	108,9	112,2	115,5
12	72	75,6	79,2	82,8	86,4	90,0	93,6	97,2	100,8	104,4	108	108	111,6	115,2	118,8	122,4	126,0
13	78	81,9	85,8	89,7	93,6	97,5	101,4	105,3	109,2	113,1	117	117	120,9	124,8	128,7	132,6	136,5
14	84	88,2	92,4	96,6	100,8	105,0	109,2	113,4	117,6	121,8	126	126	130,2	134,4	138,6	142,8	147,0
15	90	94,5	99,0	103,5	108,0	112,5	117,0	121,5	126,0	130,5	135	135	139,5	144,0	148,5	153,0	157,5
16	96	100,8	105,6	110,4	115,2	120,0	124,8	129,6	134,4	139,2	144	144	148,8	153,6	158,4	163,2	168,0
17	102	107,1	112,2	117,3	122,4	127,5	132,6	137,7	142,8	147,9	153	153	158,1	163,2	168,3	173,4	178,5
18	108	113,4	118,8	124,2	129,6	135,0	140,4	145,8	151,2	156,6	162	162	167,4	172,8	178,2	183,6	189,0
19	114	119,7	125,4	131,1	136,8	142,5	148,2	153,9	159,6	165,3	171	171	176,7	182,4	188,1	193,8	199,5
20	120	126,0	132,0	138,0	144,0	150,0	156,0	162,0	168,0	174,0	180	180	186,0	192,0	198,0	204,0	210,0
21	126	132,3	138,6	144,9	151,2	157,5	163,8	170,1	176,4	182,7	189	189	195,3	201,6	207,9	214,2	220,5
22	132	138,6	145,2	151,8	158,4	165,0	171,6	178,2	184,8	191,4	198	198	204,6	211,2	217,8	224,4	231,0
23	138	144,9	151,8	158,7	165,6	172,5	179,4	186,3	193,2	200,1	207	207	213,9	220,8	227,7	234,6	241,5
24	144	151,2	158,4	165,6	172,8	180,0	187,2	194,4	201,6	208,8	216	216	223,2	230,4	237,6	244,8	252,0
25	150	157,5	165,0	172,5	180,0	187,5	195,0	202,5	210,0	217,5	225	225	232,5	240,0	247,5	255,0	262,5

18. Возможный урожай зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	5,5	5,8	6,1	6,4	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8	8,0	8,3	8,6	8,9	9,1	9,4	9,7
4	7,4	7,7	8,1	8,5	8,8	9,2	9,6	10,0	10,4	10,7	11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	12,9
5	9,2	9,7	10,2	10,6	11,1	11,5	12,0	12,5	12,9	13,4	13,8	14,3	14,8	15,2	15,7	16,2
6	11,1	11,6	12,2	12,7	13,3	13,8	14,4	15,0	15,5	16,1	16,6	17,2	17,7	18,3	18,8	19,4
7	12,9	13,6	14,2	14,8	15,5	16,1	16,8	17,5	18,1	18,8	19,4	20,1	20,7	21,3	21,9	22,6
8	14,8	15,5	16,3	16,9	17,7	18,5	19,2	19,9	20,7	21,4	22,1	22,9	23,6	24,4	25,1	25,9
9	16,6	17,4	18,3	19,1	19,9	20,8	21,6	22,4	23,3	24,1	24,9	25,8	26,6	27,4	28,2	29,1
10	18,5	19,4	20,3	21,2	22,1	23,1	24,0	24,9	25,9	26,8	27,7	28,6	29,5	30,5	31,4	32,3
11	20,3	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,5	32,5	33,5	34,5	35,6
12	22,1	23,3	24,4	25,5	26,6	27,7	28,8	29,9	31,0	32,1	33,2	34,3	35,4	36,6	37,7	38,8
13	24,0	25,3	26,4	27,6	28,8	30,0	31,2	32,4	33,6	34,8	36,0	37,2	38,3	39,6	40,8	42,0
14	25,9	27,2	28,5	29,8	31,0	32,3	33,6	34,9	36,2	37,5	38,7	40,0	41,3	42,7	44,0	45,3
15	27,7	29,1	30,5	31,9	33,2	34,6	36,0	37,4	38,8	40,2	41,5	42,9	44,3	45,7	47,1	48,5
16	29,6	31,1	32,5	34,0	35,4	36,9	38,4	39,9	41,4	42,9	44,3	45,8	47,3	48,7	50,2	51,7
17	31,4	33,0	34,6	36,1	37,7	39,2	40,8	42,4	43,9	45,5	47,1	48,6	50,3	51,8	53,4	55,0
18	33,2	34,9	36,6	38,2	39,9	41,5	43,2	44,0	46,5	48,2	49,8	51,5	53,2	54,8	56,5	58,2
19	35,1	36,9	38,6	40,3	42,1	43,8	45,6	47,4	49,1	50,9	52,6	54,4	56,1	57,9	59,6	61,4
20	37,0	38,8	40,6	42,5	44,3	46,2	48,0	49,8	51,7	53,5	55,3	57,2	59,1	60,9	62,8	64,6
21	38,8	40,7	42,6	44,6	46,5	48,5	50,4	52,3	54,3	56,2	58,1	60,1	62,0	64,0	65,9	67,8
22	40,7	42,7	44,7	46,7	48,7	50,8	52,8	54,8	56,9	58,9	60,9	63,0	65,0	67,0	69,0	71,0
23	42,5	44,6	46,7	48,9	51,0	53,1	55,2	57,3	59,4	61,5	63,7	65,8	68,0	70,1	72,2	74,3
24	44,3	46,5	48,7	51,0	53,2	55,4	57,6	59,8	62,0	64,2	66,5	68,7	70,9	73,1	75,3	77,5
25	46,2	48,5	50,8	53,1	55,4	57,7	60,0	62,3	64,6	66,9	69,2	71,5	73,8	76,1	78,4	80,7

19. Возможный вынос фосфора из почвы при различном использовании его растениями озимой пшеницы, кг/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18
4	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	20,4	21,6	22,8	24
5	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0	25,5	27,0	28,5	30
6	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8	30,6	32,4	34,2	36
7	10,5	12,6	14,7	16,8	18,9	21	23,1	25,2	27,3	29,4	31,5	33,6	35,7	37,8	39,9	42
8	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	24	26,4	28,8	31,2	33,6	36,0	38,4	40,8	43,2	45,6	48
9	13,5	16,2	18,9	21,6	24,3	27	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	43,2	45,9	48,6	51,3	54
10	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60
11	16,5	19,8	23,1	26,4	29,7	33	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	52,8	56,1	59,4	62,7	66
12	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4	36	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4	72
13	19,5	23,4	27,3	31,2	35,1	39	42,9	46,8	50,7	54,6	58,5	62,4	66,3	70,2	74,1	78
14	21,0	25,2	29,4	33,6	37,8	42	46,2	50,4	54,6	58,8	63,0	67,2	71,4	75,6	79,8	84
15	22,5	27,0	31,5	36,0	40,5	45	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	72,0	76,5	81,0	85,5	90
16	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48	52,8	57,6	62,4	67,2	72,0	76,8	81,6	86,4	91,2	96
17	25,5	30,6	35,7	40,8	45,9	51	56,1	61,2	66,3	71,4	76,5	81,6	86,7	91,8	96,9	102
18	27,0	32,4	37,8	43,2	48,6	54	59,4	64,8	70,2	75,6	81,0	86,4	91,8	97,2	102,6	108
19	28,5	34,2	39,9	45,6	51,3	57	62,7	68,4	74,1	79,8	85,5	91,2	96,0	102,6	108,3	114
20	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60	66,0	72,0	78,0	84,0	90,0	96,0	102,0	108,0	114,0	120
21	31,5	37,8	44,1	50,4	56,7	63	69,3	75,6	81,9	88,2	94,5	100,8	107,1	113,4	119,7	126
22	33,0	39,6	46,2	52,8	59,4	66	72,6	79,2	85,8	92,4	99,0	105,6	112,2	118,8	125,4	132
23	34,5	41,4	48,3	55,2	62,1	69	75,9	82,8	89,7	96,6	103,5	110,4	117,3	124,2	131,1	138
24	36,0	43,2	50,4	57,6	64,8	72	79,2	86,4	93,6	100,8	108,0	115,2	122,4	129,6	136,8	144
25	37,5	45,0	52,5	60,0	67,5	75	82,5	90,0	97,5	105,0	112,5	120,0	127,5	135,0	142,5	150

20. Возможный урожай зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания доступного для растений фосфора в почве, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	3,9	4,7	5,5	6,3	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	12,6	13,3	14,0	14,9	15,6
4	5,2	6,3	7,3	8,3	9,4	10,4	11,5	12,6	13,6	14,6	15,6	16,6	17,7	18,8	19,8	20,8
5	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0	14,3	15,6	16,9	18,2	19,6	20,8	22,2	23,4	24,8	26,0
6	7,8	9,4	10,9	12,5	14,1	15,6	17,2	18,8	20,3	21,8	23,5	25,0	26,6	28,2	29,7	31,2
7	9,1	10,9	12,8	14,6	16,4	18,2	20,1	21,8	23,7	25,6	27,4	29,2	31,0	32,8	34,7	36,4
8	10,4	12,5	14,6	16,7	18,8	20,8	22,9	25,0	27,1	29,2	31,3	33,4	35,5	37,6	39,6	41,6
9	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,4	25,8	28,2	30,5	32,8	35,2	37,6	39,9	42,2	44,6	46,8
10	13,0	15,6	18,3	20,9	23,5	26,0	28,7	31,2	33,9	36,6	39,1	41,8	44,3	47,0	49,6	52,0
11	14,3	17,2	20,1	22,9	25,8	28,6	31,6	34,4	37,3	40,2	43,0	45,8	48,8	51,6	54,5	57,2
12	15,6	18,8	21,9	25,0	28,2	31,2	34,4	37,6	40,7	43,8	46,9	50,0	53,2	56,4	59,5	62,4
13	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5	33,8	37,3	40,6	44,1	47,4	50,9	54,2	57,6	61,0	64,4	67,6
14	18,3	21,9	25,6	29,2	32,9	36,6	40,2	43,8	47,5	51,2	54,8	58,4	62,1	65,8	69,4	73,2
15	19,6	23,5	27,4	31,3	35,2	39,2	43,0	47,0	50,9	54,8	58,7	62,6	66,5	70,4	74,3	78,4
16	20,9	25,0	29,2	33,4	37,6	41,8	45,9	50,0	54,3	58,4	62,6	66,8	70,9	75,3	79,3	83,6
17	22,2	26,0	31,0	35,5	39,9	44,4	48,8	53,2	57,6	62,0	66,5	71,0	75,4	79,8	84,3	88,8
18	23,5	28,2	32,9	37,6	42,3	47,0	51,6	56,4	61,0	65,8	70,4	75,2	79,8	84,6	89,2	94,0
19	24,8	29,7	34,7	39,6	44,6	49,6	54,5	59,4	64,4	69,4	74,3	79,2	84,3	89,2	94,2	99,2
20	26,1	31,3	36,5	41,7	46,9	52,2	57,4	62,6	67,8	73,0	78,3	83,4	88,7	93,8	99,1	104,4
21	27,4	32,9	38,3	43,8	49,3	54,8	60,3	65,8	71,2	76,6	82,2	87,6	93,1	98,6	104,1	109,6
22	28,7	34,4	40,2	45,9	51,6	57,4	63,1	68,8	74,6	80,4	86,1	91,8	97,6	103,2	109,0	114,8
23	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0	66,0	72,0	78,0	84,0	90,0	96,0	102,0	108,0	114,0	120,0
24	31,3	37,6	43,8	50,1	56,3	62,6	68,9	75,2	81,4	87,6	93,9	100,2	106,4	112,6	118,9	125,2
25	32,6	39,1	45,6	52,2	58,7	65,2	71,7	78,2	84,8	91,2	97,8	104,4	110,9	117,4	123,9	130,4

21. Возможный вынос калия из почвы при различном использовании его растениями озимой пшеницы, кг/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18
4	9,6	10,8	12	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	20,4	21,6	22,8	24
5	12,0	13,5	15	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0	25,5	27,0	28,5	30
6	14,4	16,2	18	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8	30,6	32,4	34,2	36
7	16,8	18,9	21	23,1	25,2	27,3	29,4	31,5	33,6	35,7	37,8	39,9	42
8	19,2	21,6	24	26,4	28,8	31,2	33,6	36,0	38,4	40,8	43,2	45,6	48
9	21,6	24,3	27	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	43,2	45,9	48,6	51,3	54
10	24,0	27,0	30	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60
11	26,4	29,7	33	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	52,8	56,1	59,4	62,7	66
12	28,8	32,4	36	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4	72
13	31,2	35,1	39	42,9	46,8	50,7	54,6	58,5	62,4	66,3	70,2	74,1	78
14	33,6	37,8	42	46,2	50,4	54,6	58,8	63,0	67,2	71,4	75,6	79,8	84
15	36,0	40,5	45	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	72,0	76,5	81,0	85,5	90
16	38,4	43,2	48	52,8	57,6	62,4	67,2	72,0	76,8	81,6	86,4	91,2	96
17	40,8	45,9	51	56,1	61,2	66,3	71,4	76,5	81,6	86,7	91,8	96,9	102
18	43,2	48,6	54	59,4	64,8	70,2	75,6	81,0	86,4	91,8	97,2	102,6	108
19	45,6	51,3	57	62,7	68,4	74,1	79,8	85,5	91,2	96,9	102,6	108,3	114
20	48,0	54,0	60	66,0	72,0	78,0	84,0	90,0	96,0	102,0	108,0	114,0	120
21	50,4	56,7	63	69,3	75,6	81,9	88,2	94,5	100,8	107,1	113,4	119,7	126
22	52,8	59,4	66	72,6	79,2	85,8	92,4	99,0	105,6	112,2	118,8	125,4	132
23	55,2	62,1	69	75,9	82,8	89,7	96,6	103,5	110,4	117,3	124,2	131,1	138
24	57,6	64,8	72	79,2	86,4	93,6	100,8	108,0	115,2	122,4	129,6	136,8	144
25	60,0	67,5	75	82,5	90,0	97,5	105,0	112,5	120,0	127,5	135,0	142,5	150
26	62,4	70,2	78	85,8	93,6	101,4	109,2	117,0	124,8	132,6	140,4	148,2	156
27	64,8	72,9	81	89,1	97,2	105,3	113,4	121,5	129,6	137,7	145,9	153,9	162
28	67,2	75,6	84	92,4	100,8	109,2	117,6	126,0	134,4	142,8	151,4	159,6	168
29	69,6	78,3	87	95,7	104,4	113,1	121,8	130,5	139,2	147,9	156,8	165,3	174
30	72,0	81,0	90	99,0	108,0	117,0	126,0	135,0	144,0	153,0	162,2	171,0	180

22. Возможный урожай зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Коэффициент использования калия, %														
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
3,6	4,0	4,5	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2	7,6	8,1	8,5	9,0		
4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,8	11,4	12,0		
6,0	6,7	7,5	8,2	9,0	9,7	10,5	11,2	12,0	12,7	13,5	14,2	15,0		
7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18,0		
8,4	9,4	10,5	11,5	12,6	13,6	14,7	15,7	16,8	17,8	18,9	19,9	21,0		
9,6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	20,4	21,6	22,8	24,0		
10,8	12,1	13,5	14,8	16,2	17,5	18,9	20,2	21,6	22,9	24,3	25,6	27,0		
12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0	25,5	27,0	28,5	30,0		
13,2	14,8	16,5	18,1	19,8	21,4	23,1	24,7	26,4	28,0	29,7	31,3	33,0		
14,4	16,2	18,0	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8	30,6	32,4	34,2	36,0		
15,6	17,5	19,5	21,4	23,4	25,3	27,3	29,2	31,2	33,1	35,1	37,0	39,0		
16,8	18,9	21,0	23,1	25,2	27,3	29,4	31,5	33,6	35,7	37,8	39,9	42,0		
18,0	20,2	22,5	24,7	27,0	29,2	31,5	33,7	36,0	38,2	40,5	42,7	45,0		
19,2	21,6	24,0	26,4	28,8	31,2	33,6	36,0	38,4	40,8	43,2	45,6	48,0		
20,4	22,9	25,5	28,0	30,6	33,1	35,7	38,2	40,8	43,3	45,9	48,4	51,0		
21,6	24,3	27,0	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	43,2	45,9	48,6	51,3	54,0		
22,8	25,6	28,5	31,3	34,2	37,0	39,9	42,7	45,6	48,4	51,3	54,1	57,0		
24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0		
25,2	28,3	31,5	34,6	37,8	40,9	44,1	47,2	50,4	53,5	56,7	59,8	63,0		
26,4	29,7	33,0	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	52,8	56,1	59,4	62,7	66,0		
27,6	31,0	34,5	37,9	41,4	44,8	48,3	51,7	55,2	58,6	62,1	65,5	69,0		
28,8	32,4	36,0	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4	72,0		
30,0	33,7	37,5	41,2	45,0	48,7	52,5	56,2	60,0	63,7	67,5	71,2	75,0		
31,2	35,1	39,0	42,9	46,8	50,7	54,6	58,5	62,4	66,3	70,2	74,1	78,0		
32,4	36,4	40,5	44,5	48,6	52,6	56,7	60,8	64,8	68,8	72,9	76,9	81,0		
33,6	37,8	42,0	46,2	50,4	54,6	58,8	63,0	67,2	71,4	75,6	79,8	84,0		
34,8	39,1	43,5	47,8	52,2	56,5	60,9	65,3	69,6	73,9	78,3	82,6	87,0		
36,0	40,5	45,0	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	72,0	76,5	81,0	85,5	90,0		

Схема расчета норм питательных веществ, представленная в таблице 16, может быть выражена формулой

$$D_{д.в} = \frac{УВ_1 - ПК_м К_п}{К_у} \quad (12)$$

Подставив в формулу (12) данные таблицы 16, рассчитывают норму азота, необходимого для формирования 50 ц/га зерна озимой пшеницы:

$$D_{д.в} = \frac{(50 \text{ ц/га} \cdot 3,25 \text{ кг/ц}) - (11,8 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,25)}{0,6} = 123 \text{ кг/га N.}$$

В отличие от ранее использовавшихся формул в формулу (12) введен коэффициент перевода питательного вещества почвы из мг/100 г в кг/га (K_m) для различной глубины пахотного (расчетного) слоя. Если расчет вести на слой 22 см, то $K_m = 30$. Для слоя 25 см он будет равен 34, 28 см — 38 и 30 см — 41. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (K_p) и удобрений (K_u) даны не в процентах, а в долях единицы (100% принято за единицу).

При необходимости норму элемента питания ($D_{д.в}$) можно перевести в туки (D_t) по формуле

$$D_t = \frac{D_{д.в}}{C}, \quad (13)$$

где C — действующее вещество удобрения, %.

Так, 123 кг/га азота, необходимого для получения 50 ц/га зерна озимой пшеницы, будет соответствовать 3,6 ц/га аммиачной селитры ($D_t = 123 \text{ кг/га} : 34\%$).

Схема расчета необходимых норм питательных веществ и формула (12) оправдывают себя до урожайности озимой пшеницы 75—80 ц/га. Если она достигает этого уровня, вносят соответствующие коррективы к методике расчета норм NPK и в первую очередь — на эффективное плодородие почвы, урожайная способность которой будет постоянно возрастать. Большая часть элементов питания почвы примет участие в формировании урожая, что позволит снизить потребность в NPK минеральных удобрений. Норма удобрений окажется меньше и в том случае, когда при расчете будет использована большая глубина пахотного слоя.

После уборки урожая для каждого поля севооборота определяют баланс питательных веществ следующим образом. Например, на участке, где программировали получить 50 ц/га зерна озимой пшеницы, фактический урожай составил 52 ц/га. Таким количеством зерна из почвы отчуждается 169 кг/га азота (52 ц/га · 3,25 кг/ц), 59,8 — фосфора (52 · 1,15) и 104 кг/га калия (52 ц/га · 2 кг/ц) (табл. 23). В общем выносе на долю азота почвы

23. Определение баланса элементов питания под посевами озимой пшеницы (фактический урожай зерна 52 ц/га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Внесено под озимую пшеницу, кг/га	123	101	52
Внесено фактическим урожаем, кг/га	169	59,8	104
В том числе:			
из почвы	88,5	32,2	66,3
из удобрений	80,5	27,6	37,7
Усвоено из минеральных удобрений, %	65,4	27,3	72,5
Осталось в почве NPK удобрений, не использованных растениями, кг/га	42,5	73,7	14,3

приходится 52,4% [(88,5 кг/га N: 169 кг/га) · 100%], доступного фосфора — 54 [(32,2 кг/га P₂O₅: 59,8 кг/га) · 100%] и усвояемого калия — 63,7% [(66,3 кг/га K₂O: 104 кг/га) · 100%].

Долю питательных веществ почвы и удобрений в общем выносе определяют по следующим формулам:

$$D_{\text{п}} = \frac{100B_{\text{п}}}{B_{\text{об}}}, \quad D_{\text{у}} = \frac{100B_{\text{у}}}{B_{\text{об}}}, \quad (14, 15)$$

где B_п — вынос питательного вещества из почвы, кг/га;
B_у — вынос элемента питания из удобрения, кг/га;
B_{об} — общий вынос питательного вещества фактическим урожаем, кг/га.

$$D_{\text{п}} = \frac{100\% \cdot 88,5 \text{ кг/га}}{169 \text{ кг/га}} = 52,4\%, \quad D_{\text{у}} = \frac{100\% \cdot 80,5 \text{ кг/га}}{169 \text{ кг/га}} = 47,6\%.$$

Таким же образом ведут расчет и по другим элементам питания.

Для более точного баланса элементов питания на землях хозяйства в статье прихода рассматривают поступление NPK с посевным материалом, пожнивными и корневыми остатками, накопление биологического азота за счет фиксации его из атмосферы бобовыми культурами, а также приход элементов питания с осадками. Учет этих статей баланса позволит выявить количество питательных веществ, которые будут усвоены растениями в последствии. Это, в свою очередь, даст возможность при бездефицитном балансе значительно уменьшить необходимые нормы NPK на заданный урожай озимой пшеницы.

В таблице 24 приведены нормы питательных веществ на различные уровни программируемых урожаев озимой пшеницы, возделываемой без орошения. Эти показатели можно уточнить по величинам возможных урожаев, формируемых за счет естественного плодородия почвы, особенно на орошаемых землях. По многочисленным данным, при орошении за счет естественного плодородия

24. Нормы NPK на заданный урожай озимой пшеницы, возделываемой без орошения, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспечен- ности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га										
		16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65	66—70
N	III	34—39	42—47	50—55	58—63	66—71	74—79	82—87	90—95	98—103	106—111	114—119
	IV	29—34	37—42	45—50	53—58	61—66	69—74	77—82	85—90	93—98	101—106	109—114
	V	24—29	32—37	40—45	48—53	56—61	64—69	72—77	80—85	88—93	96—101	104—109
	VI	19—24	27—32	35—40	43—48	51—56	59—64	67—72	75—80	83—88	91—96	99—104
	III	22—27	30—35	38—43	46—51	54—59	62—67	70—75	78—83	86—91	94—99	102—107
	IV	17—22	25—30	33—38	41—46	49—54	57—62	65—70	73—78	81—86	89—94	97—102
P ₂ O ₅	V	12—17	20—25	28—33	36—41	44—49	52—57	60—65	68—73	76—81	84—89	92—97
	VI	7—12	15—20	23—28	31—36	39—44	47—52	55—60	63—68	71—76	79—84	87—92
	III	18—22	24—28	30—34	36—40	42—46	48—52	54—58	60—64	66—70	72—76	78—82
	IV	14—18	20—24	26—30	32—36	38—42	44—48	50—54	56—60	62—66	68—72	74—78
	V	10—14	16—20	22—26	28—32	34—38	40—44	46—50	52—56	58—62	64—68	70—74
	VI	—	12—16	18—22	24—28	30—34	36—40	42—46	48—52	54—58	60—64	66—70

25. Нормы удобрений на заданный урожай озимой пшеницы, возделываемой при орошении, кг/га

Элемент питания		Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га										
			35—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65	66—70	71—75	76—80	81—85	86—90
Степная зона													
N	III	30—45	46—60	61—75	76—90	91—105	106—120	121—135	136—150	151—165	166—180	181—195	
P ₂ O ₅	III	25—30	31—46	47—61	62—76	77—91	92—106	107—121	122—136	137—151	152—166	167—181	
	IV	20—25	26—31	32—47	48—62	63—77	78—92	93—107	108—122	123—137	138—152	153—167	
	V	15—20	21—26	27—32	33—48	49—63	64—78	79—93	94—108	109—123	124—138	139—153	
K ₂ O	VI	10—15	16—21	22—27	28—33	34—49	50—64	65—79	80—94	95—109	110—124	125—139	
	III	20—22	24—26	28—30	32—34	36—40	42—46	48—52	54—64	66—76	78—88	90—100	
	IV	18—20	22—24	26—28	30—32	34—36	38—42	44—48	50—54	56—66	68—78	80—90	
	V	16—18	20—22	24—26	28—30	32—34	36—38	40—44	46—50	52—56	58—68	70—80	
	VI	14—16	18—20	22—24	26—28	30—32	34—36	38—40	42—46	48—52	54—58	60—70	
Предгорная зона													
N	III	40—55	56—70	71—85	86—100	101—115	116—130	131—145	146—160	161—175	176—190	191—205	
P ₂ O ₅	III	30—40	41—56	57—71	72—86	87—101	102—106	107—131	132—146	147—161	162—176	177—191	
	IV	20—30	31—41	42—57	58—72	73—87	88—102	103—107	108—132	133—147	148—162	163—177	
	V	10—20	21—31	32—42	43—58	59—73	74—88	89—103	104—108	109—133	134—148	149—163	
K ₂ O	VI	5—10	11—21	22—32	33—43	44—58	59—74	75—89	90—104	105—109	110—134	135—149	
	III	22—24	26—28	30—32	34—36	38—40	42—44	46—48	50—52	54—56	58—60	62—64	
	IV	20—22	24—26	28—30	32—34	36—38	40—42	44—46	48—50	52—54	56—58	60—62	
	V	18—20	22—24	26—28	30—32	34—36	38—40	42—44	46—48	50—52	54—56	58—60	
	VI	16—18	20—22	24—26	28—30	32—34	36—38	40—42	44—46	48—50	52—54	56—58	

почв можно получить зерна озимой пшеницы: на лугово-черноземно-карбонатных почвах — 26,7—32,7 ц/га, на обыкновенных черноземах — 24,5—34,8, на слабовыщелоченных черноземах — 24,3—37,7, на лугово-черноземных почвах — до 35 ц/га. В результате нормы удобрений будут значительно ниже (табл. 25).

В зависимости от норм удобрений, внесенных под предшествующую культуру, нормы NPK, приведенные в таблице 24, необходимо уточнять. Вместе с тем надо всегда стремиться к тому, чтобы на каждый килограмм NPK получать 8—10 кг зерна озимой пшеницы. Тогда эффективность химизации будет удовлетворительной. Если окупаемость 1 кг NPK туков окажется равной 12—14 кг зерна, то эффективность химизации будет хорошей, при окупаемости в 16—18 кг зерна — высокой.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

При программировании урожая озимой пшеницы и связанных с ним технологических операций важно соблюдать сроки их проведения и условия, которые могут сложиться к этому моменту. Для правильной регламентации всего агрокомплекса работ пользуются сетевыми графиками, разработанными учеными Волгоградского СХИ. На сетевом графике в строгой последовательности отражен ход предполагаемых полевых работ и условия, при которых они будут выполняться. Этот же график используют и на неорошаемых землях, исключая из него процессы полива (рис. 1).

Научно-технический прогресс в земледелии и растениеводстве положил начало внедрению интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы.

Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы базируется на применении предшественников, обеспечивающих накопление влаги и питательных веществ в почве, внесении расчетных норм удобрений, посеве с оставлением постоянной колен с заниженной нормой посева, внедрении высокоурожайных районированных и перспективных сортов, отзывчивых к высокому агрофону, использовании интегрированной системы защиты посевов от вредителей, болезней, сорняков и полегания и применении прогрессивных способов уборки урожая.

Озимые культуры размещают по занятым парам, обеспечивающим уничтожение сорняков, накопление влаги и питательных веществ, улучшение агрохимических и агрофизических свойств почв. Оптимальные параметры почв следующие: pH солевой вытяжки более 6,5, содержание подвижного фосфора — 15—20 мг (по Кирсанову) и обменного калия — 17—20 мг (по Масловой) на 100 г почвы, гумуса — 2,5% и выше. При отсутствии высококультурных почв внедрение интенсивной технологии начинают с «капи-

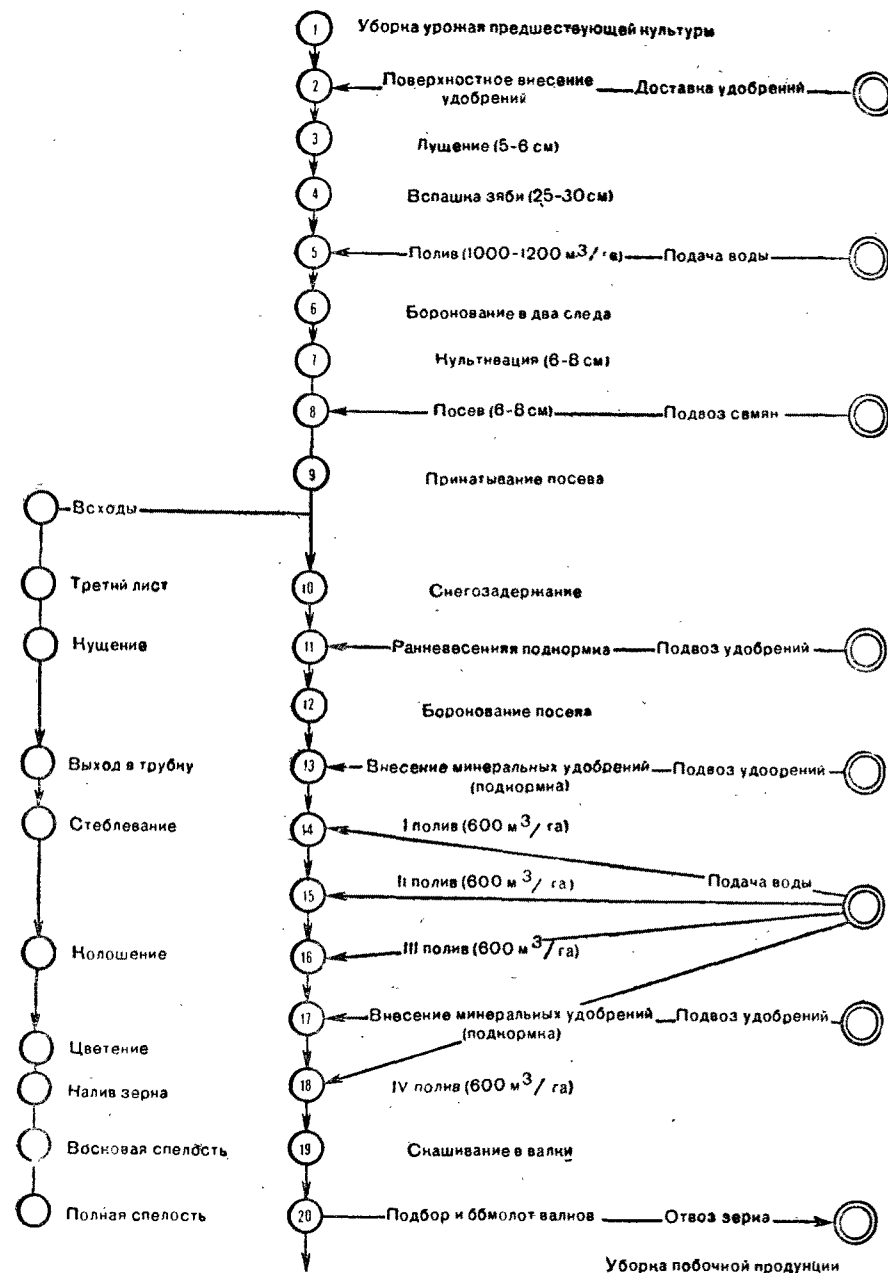


Рис. 1. Сетевой график возделывания озимой пшеницы (Волгоградский СХИ)

тального ремонта» поля севооборота, т. е. вносят известь (8—10 т/га) и навоз (100—120 т/га).

Система обработки почвы включает приемы, обеспечивающие высокую культуру земледелия, замену части механических обработок химическими и тщательное выравнивание почвы. Технология возделывания озимой пшеницы на программируемый урожай приведена в таблице 26.

26. Интенсивная технология возделывания озимых культур урожайностью 50—60 ц/га зерна с применением метода научного программирования

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2

Предшественник Занятые пары (вико-овсяная, горохово-овсяная смеси, кукуруза на зеленый корм и силос, ранний картофель, многолетние травы)

Обработка почвы Двух-, трехкратное дисковое лушение почвы вслед за уборкой культуры занятого пара с прикатыванием; основная обработка почвы поперек рядков предшественника на глубину 10—12 см, а при влажности почвы свыше 23% и наличии многолетних сорняков — на глубину 20—22 см с немедленной разделкой до посевного состояния приспособлениями ПВР-3,5 к полунавесным 7—9-корпусным плугам и ПВР-2,3 к полунавесным плугам ПЛП-6-35

При появлении сорняков и падалицы целесообразна культивация на глубину 6—8 см. Предпосевную подготовку почвы выполняют культиваторами КПШ-8, КПС-4, почвообрабатывающими машинами РВК-3, РВК-3,6 и ВПП-5,6 на глубину 5—6 см. Требования: в обработанном слое должно быть не менее 80% по массе почвенных комочков размером 1—5 см, отклонение глубины обработки от заданной не должно превышать ± 1 см, движение агрегатов — челночное, поперек вспашки с перекрытием между смежными проходами в 15—20 см

Удобрение Внесение НРК в расчетных нормах на заданный урожай с учетом агрохимических картограмм обеспеченности: РК — под основную обработку, 15—20 кг/га P_2O_5 — в рядки при посеве. При необходимости 20% N вносят перед посевом. В районах достаточного увлажнения в 1-ю подкормку (в фазу кушения) весной дают 30% N, во 2-ю (в фазу выхода в трубку) — 50% N, но не более 80 кг/га

В засушливых районах и при быстром подсыхании почвы 50% N используют в 1-ю подкормку зерновыми сеялками, во 2-ю — 50% в фазу выхода в трубку при наличии влаги. Подкормку азотом проводят РУМ-5, 1-РМГ-4, а также подкормщиками штангового типа (готовятся к серийному выпуску) в агрегате с трактором МТЗ по продолженной технологической колее. Требование: до внесения N необходимо отрегулировать туковые агрегаты на заданную дозу и ширину рассева (10,8 м). Отклонение от дозы не должно превышать $\pm 5\%$

Продолжение

1	2
Посев	Семена высевают с оставлением постоянной технологической колеи тракторами ДТ-75 и Т-74 в агрегате с тремя сеялками СЗ-3,6 или СЗП-3,6 на базе сцепки СП-11 или СП-16. Незасеянная колея образуется заглушкой 6, 7, 18 и 19-го высевающих аппаратов (через каждые 10,8 м). Для первого прохода провешивается прямая линия
	Норму высева снижают до минимальной от рекомендованной для зоны; глубина посева — 5—6 см; прикатывание кольчато-шпоровыми катками вслед за посевом
	Применяют самые высокопродуктивные районированные и перспективные сорта
Уход за посевами	Борьбу с вредителями, болезнями и сорняками планируют с учетом прогноза их развития. Высокую эффективность обеспечивает интегрированная система защиты растений, а также применение регуляторов роста (см. табл. 27).
Уборка	Убирают урожай комбайнами «Нива», «Колос», «Дон» прямым или раздельным способом, в зависимости от погодных условий

27. Интегрированная система защиты озимой пшеницы от вредителей, болезней, сорняков и полегания

Фаза развития	Мероприятие	Рекомендуемые химические средства
1	2	3
	Протравливание семян против головневых заболеваний и корневых гнилей	Протравливание с увлажнением — 10 л воды на 1 т семян. Витавакс, 75%-ный с. п. — 2,5—3 кг/т семян; фундазол, 50%-ный с. п. — 2,5—3 кг/т; байтан — 2 кг/т; гранозан или пентатенурам — 2 кг/т + ССС — 5 кг/т семян
Всходы — конец кущения	Борьба с мышевидными грызунами при численности 50—100 жилых нор на 1 га	Приманки с фосфидом цинка — 150—400 г/га, глифтором — 15—24 г/га или бактородецидом. Норма расхода приманок — 1—4 кг/га
Кущение	Борьба с личинками хлебной жужелицы, а также перезимовавшей вредной черепашкой, пядицами, хлебными блошками	Инсектициды: волатон, 50%-ный с. п. — 2 кг/га, вофатокс, 30%-ный с. п. — 1 кг/га; метафос, 40%-ный к. э. — 1 кг/га, фосфамид (Би-58), 40%-ный к. э. — 1,2 кг/га

Продолжение

1	2	3
	Борьба с сорняками: бодяк полевой, вьюнок полевой, осот полевой, сурепка обыкновенная, ромашка непахучая, овсюг обыкновенный	Гербициды: 2,4-Д аминная соль, 40%-ный в. р. — 2 кг/га; лонтрел, 30%-ный в. р. — 0,3 кг/га; диаден, 40%-ный в. р. — 2,5 кг/га. Против овсюга — триалат, 40%-ный к. э. — 2,5 кг/га по препарату
Начало кущения — конец цветения	Предотвращение развития эпифитотий бурой ржавчины, снижение вредоносности мучнистой росы и корневых гнилей.	Фунгициды: байлетон, 25%-ный с. п. — 0,6 кг/га; фундазол, 50%-ный с. п. — 0,6 кг/га
	Первая обработка профилактическая, вторая — при появлении заболеваний	
Конец кущения — начало стеблевания	Продолжение борьбы с ирредной черепашкой и ее личинками при численности 0,5 экз/м ² взрослого и 2 экз/м ² — личинок, борьба со злаковыми тлями, хлебной пядицей, шведской, гессенской мухами и трипсами	Инсектициды: вофатокс, 30%-ный с. п. — 1 кг/га; метафос, 40%-ный к. э. — 1 кг/га; рогор, 40%-ный к. э. — 1 кг/га; метатион, 50%-ный к. э. (сумитион) — 1 кг/га; пиримор, 50%-ный с. п. — 0,5 кг/га против тлей
	Предотвращение полегания посевов озимой пшеницы и снижение поражения болезнями	Ретарданты: ССС, 60%-ный — 4 кг/га д. в.; кампозан — 1—1,5 кг/га + ССС — 3 кг/га
Фаза образования 2-го узла	То же	То же
Середина фазы стеблевания	Предотвращение полегания посевов озимой ржи	Кампозан — 4 кг/га препарата на 150 л/га рабочего раствора
Начало цветения — налив зерна	Борьба с личинками вредной черепашки при сниженных экономических порогах вредоносности (2 экз/м ²), а также хлебной пядицей	Инсектициды: метатион, 50%-ный к. э. — 1 кг/га; вофатокс, 30%-ный с. п. — 1 кг/га; метафос, 40%-ный к. э. — 1 кг/га
Молочная спелость	Продолжение борьбы с личинками вредной черепашки	Метатион, 50%-ный к. э. — 1 кг/га
	Борьба с личинками хлебных жуков при численности 3—5 экз/м ²	Метатион, 50%-ный к. э. — 1 кг/га; вофатокс, 30%-ный с. п. — 1 кг/га

ОЗИМАЯ РОЖЬ

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Потенциальный, или максимально возможный, урожай ($У_{пу}$) озимой ржи можно определить при помощи математической модели продукционного процесса и формирования урожая. Для приближенной его оценки пользуются формулой

$$У_{пу} = 10^4 \eta K_m \frac{\Sigma Q}{q}, \quad (16)$$

где η — коэффициент использования ФАР (КПД ФАР);
 K_m — коэффициент хозяйственной эффективности урожая, или $K_{хоз}$;
 ΣQ — суммарный за вегетационный период приход ФАР, ккал/см²;
 q — калорийность биомассы, ккал/кг.

За период вегетации озимой ржи суммарный приход ФАР составляет 2,2—2,6 млрд. ккал/га, или 22—26 ккал/см². Потенциальный урожай этой культуры при высоком агрофоне рассчитывают с учетом КПД ФАР, равного 2,5%.

Например, в случае прихода 2,5 млрд. ккал/га (25 ккал/см²) ФАР в условиях Горьковской области можно получить 53,8 ц/га зерна 14%-ной влажности:

$$У_{пу} = 10^4 \cdot 2,5\% \cdot 0,387 \frac{25,0 \text{ ккал/см}^2}{4500 \text{ ккал/кг}} = 53,8 \text{ ц/га.}$$

В таблице 28 приведены урожаи зерна озимой ржи при условии прихода ФАР от 15 до 32 ккал/см² и усвоения ее растениями от 0,5 до 3,5%. По этим данным каждый специалист может оценить уровень использования солнечной энергии посевами озимой ржи на полях хозяйства.

Коэффициент хозяйственной эффективности (K_m) для формулы (16) рассчитывают как отношение доли товарной продукции ($Ч_t$) в общей биомассе (принимают равной единице) к общей сумме основной и побочной продукции (для ржи равной 3)

$$K_m = Ч_t : \alpha. \quad (17)$$

Отсюда для озимой ржи K_m равен 0,333 (1:3 части).

При известных показателях урожая абсолютно сухой биомассы, используя этот коэффициент, можно легко определить массу товарной продукции при стандартной влажности по формуле

$$У_t = У_{биол} K_m. \quad (18)$$

Например, перед уборкой урожая установили, что с каждого квадратного метра посева выход абсолютно сухой массы составляет 1,225 кг, или с каждого гектара 122,5 ц, что при $K_m = 0,387$ соответствует 47,4 ц/га зерна (122,5 · 0,387) озимой ржи.

28. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, млрд. ккал/га	Коэффициент использования ФАР, %													
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	
1,5	6,5	9,7	12,9	16,1	19,4	22,6	25,9	29,1	32,3	35,5	38,8	42,0	45,2	
1,6	6,9	10,3	13,8	17,2	20,7	24,1	27,6	31,0	34,5	37,9	41,3	44,8	48,2	
1,7	7,3	11,0	14,7	18,3	21,9	25,6	29,3	33,0	36,6	40,3	43,9	47,6	51,3	
1,8	7,7	11,6	15,5	19,4	23,3	27,1	30,9	34,8	38,7	42,6	46,5	50,4	54,3	
1,9	8,2	12,3	16,3	20,5	24,5	28,6	32,7	36,8	40,9	45,0	49,1	53,2	57,3	
2,0	8,6	12,9	17,2	21,5	25,8	30,1	34,4	38,7	43,1	47,4	51,6	55,9	60,3	
2,1	9,0	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2	49,7	54,3	58,8	63,3	
2,2	9,5	14,2	18,9	23,7	28,4	33,2	37,9	42,6	47,4	52,1	56,8	61,5	66,3	
2,3	9,9	14,9	19,8	24,8	29,7	34,7	39,6	44,6	49,5	54,5	59,5	64,4	69,3	
2,4	10,3	15,5	20,7	25,8	31,0	36,2	41,3	46,5	51,7	56,9	62,0	67,2	72,3	
2,5	10,8	16,1	21,5	26,9	32,3	37,7	43,1	48,5	53,8	59,2	64,5	69,9	75,3	
2,6	11,2	16,8	22,4	28,0	33,6	39,2	44,8	50,4	56,0	61,6	67,2	72,8	78,4	
2,7	11,6	17,4	23,3	29,1	34,9	40,7	46,5	52,3	58,1	63,9	69,7	75,5	81,4	
2,8	12,1	18,1	24,1	30,1	36,2	42,2	48,2	54,2	60,3	66,3	72,4	78,4	84,4	
2,9	12,5	18,7	25,0	31,2	37,5	43,7	50,0	56,2	62,5	68,7	74,9	81,2	87,4	
3,0	12,9	19,4	25,9	32,3	38,8	45,2	51,7	58,1	64,5	71,1	77,6	84,0	90,4	
3,1	13,3	20,0	26,7	33,4	40,1	46,7	53,3	60,0	66,7	74,4	80,1	86,8	93,4	
3,2	13,8	20,7	27,5	34,5	41,3	48,2	55,1	62,0	68,9	75,7	82,6	89,5	96,4	

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Программируя урожай озимой ржи по влагообеспеченности посевов, учитывают, что этот фактор наиболее лимитирует продуктивность посевов, особенно в степных районах, где выпадает незначительное количество осадков. В таблице 29 приведены величины действительно возможных урожаев озимой ржи, рассчитанные по влагообеспеченности посевов для основных районов возделывания культуры. В этих регионах количество продуктивной влаги колеблется от 200 до 500 мм, что обеспечивает получение 12,9—96,9 ц/га зерна при колебании коэффициентов водопотребления от 200 до 600 единиц. В среднем при $K_w=400$ мм продуктивной для растений влаги посевы озимой ржи должны быть обеспечены всеми факторами для получения 38,8 ц/га зерна.

В таблице 30 приведены средние значения продуктивной влаги, рассчитанные по годовым осадкам. Однако коэффициент использования этих осадков на различных по механическому составу почвах значительно колеблется. Песчаные почвы имеют низкую влагоемкость. В них накапливается всего 35—50% влаги от годовых осадков. Количество продуктивной для растений влаги (W) рассчитывают по формуле

$$W = O_{\text{с.к.}} \quad (19)$$

где $O_{\text{с.к.}}$ — количество естественных атмосферных осадков, включая приток влаги за счет выпадения росы, мм;

$k_{\text{с.}}$ — коэффициент использования осадков.

Например, при годовой норме осадков 500 мм и использовании их растениями на 44% возможный запас продуктивной влаги составит 220 мм ($500 \text{ мм} \cdot 0,44$). При годовом количестве осадков от 300 до 650 мм, обычно наблюдаемом в зоне возделывания озимой ржи и коэффициенте их использования 0,35—0,5, возможный запас продуктивной влаги изменяется от 105 (при $k_{\text{с.}}=0,35$) до 325 мм (при $k_{\text{с.}}=0,5$).

Поэтому продуктивность песчаных почв определяют, пользуясь вышеприведенными коэффициентами использования годовых осадков.

Для удобства расчета возможных урожаев озимой ржи на песчаных почвах устанавливают коэффициент водопотребления на единицу товарной продукции (K_T). Урожаи, указанные в таблице 29, определены при помощи коэффициентов водопотребления на абсолютно сухую биомассу. K_T можно найти следующим образом. При годовом количестве осадков 400 мм и $k_{\text{с.}}=0,45$ возможный запас продуктивной влаги составит 180 мм ($400 \text{ мм} \cdot 0,45$) (см. табл. 30). Озимая рожь на формирование 1 ц абсолютно сухой биомассы затрачивает в среднем 360 ц воды (K_w). Если в почве накапливается 180 мм, или 18 000 ц/га продуктивной влаги,

Таблица 29. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K _w	Количество продуктивной для растений влаги, мм												
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
200	38,8	43,6	48,4	53,3	58,1	62,6	67,8	72,7	77,5	82,4	87,2	92,1	96,9
225	34,5	38,8	43,1	47,4	51,7	56,0	60,3	64,6	68,9	73,2	77,5	81,8	86,1
250	31,0	34,9	38,8	42,6	46,5	50,4	54,3	58,1	62,0	65,9	69,8	73,6	77,5
275	28,2	31,7	35,2	38,8	42,3	45,8	49,3	52,9	56,4	59,9	63,4	66,8	70,5
300	25,8	29,1	32,3	35,5	38,8	42,0	45,2	48,4	51,7	54,9	58,1	61,4	64,6
325	23,9	26,8	29,8	32,8	35,8	38,8	41,7	44,7	47,7	50,7	53,7	56,6	59,6
350	22,1	24,9	27,7	30,5	33,2	36,0	38,8	41,5	44,3	47,1	49,8	52,6	55,4
375	20,7	23,3	25,8	28,4	31,0	33,6	36,2	38,8	41,3	43,9	46,5	49,1	51,7
400	19,4	21,8	24,2	26,6	29,1	31,5	33,9	36,3	38,8	41,2	43,6	46,0	48,4
425	18,2	20,5	22,8	25,1	27,4	29,6	31,9	34,2	36,5	38,8	41,0	43,3	45,6
450	17,2	19,4	21,5	23,7	25,8	28,0	30,1	32,3	34,5	36,6	38,8	40,9	43,1
475	16,3	18,4	20,4	22,4	24,5	26,5	28,6	30,6	32,6	34,7	36,7	38,8	40,8
500	15,5	17,4	19,4	21,3	23,3	25,2	27,1	29,1	31,0	32,9	34,9	36,8	38,8
525	14,8	16,6	18,4	20,3	22,1	24,0	25,8	27,7	29,5	31,4	33,2	35,1	36,9
550	14,1	15,7	17,6	19,4	21,1	22,9	24,6	26,4	28,2	30,0	31,7	33,5	35,2
575	13,5	15,2	16,9	18,5	20,2	21,9	23,6	25,3	27,0	28,6	30,3	32,0	33,7
600	12,9	14,5	16,2	17,7	19,4	21,0	22,6	24,2	25,8	27,4	29,1	30,7	32,3

30. Возможный запас продуктивной влаги на песчаных почвах при различном использовании годовых осадков, мм

K _c	Годовая сумма осадков, мм														
	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
0,35	105	113,75	122,5	131,25	140	148,75	157,5	166,25	175	183,75	192,5	201,25	210	218,75	227,5
0,36	108	117,0	126,0	135,0	144	153,0	162,0	171,0	180	189,0	198,0	207,0	216	225,0	234,0
0,37	111	120,25	129,5	138,75	148	157,25	166,5	175,75	185	194,25	203,5	212,75	222	231,25	240,5
0,38	114	123,5	133,0	142,5	152	161,5	171,0	180,5	190	199,5	209,0	218,5	228	237,5	247,0
0,39	117	126,75	136,5	146,25	156	165,75	175,5	185,25	195	204,75	214,5	224,35	234	243,75	253,5
0,40	120	130,0	140,0	150,0	160	170,0	180,0	190,0	200	210,0	220,0	230,0	240	250,0	260,0
0,41	123	133,25	143,5	153,75	164	174,25	184,5	194,75	205	215,25	225,5	235,75	246	256,25	266,5
0,42	126	136,5	147,0	157,5	168	178,5	189,0	199,5	210	220,5	231,0	241,5	252	262,5	273,0
0,43	129	139,75	150,5	161,25	172	182,75	193,5	204,25	215	225,75	236,5	247,25	258	268,75	279,5
0,44	132	143,0	154,0	165,0	176	187,0	198,0	209,0	220	231,0	242,0	253,0	264	275,0	286,0
0,45	135	146,25	157,5	168,75	180	191,25	202,5	213,75	225	236,25	247,5	258,75	270	281,25	292,5
0,46	138	149,5	161,0	172,5	184	195,5	207,0	218,5	230	241,5	253,0	264,5	276	287,5	299,0
0,47	141	152,75	164,5	176,25	188	199,75	211,5	223,25	235	246,75	258,5	270,25	282	293,75	305,5
0,48	144	156,0	168,0	180,0	192	204,0	216,0	228,0	240	252,0	264,0	276,0	288	300,0	312,0
0,49	147	159,25	171,5	183,75	196	208,25	220,5	232,75	245	257,25	269,5	281,75	294	306,25	318,5
0,50	150	162,5	175,0	187,5	200	212,5	225,0	237,5	250	262,5	275,0	287,5	300	312,5	325,0

Особенности программирования продуктивности полевых культур

31. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от количества продуктивной влаги на песчаных почвах, ц/га

K _c	Годовая сумма осадков, мм														
	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
0,35	11,3	12,2	13,2	14,1	15,0	16,0	16,9	17,9	18,8	19,8	20,7	21,6	22,6	23,5	24,5
0,36	11,6	12,6	13,5	14,5	15,5	16,4	17,4	18,4	19,3	20,3	21,3	22,3	23,2	24,2	25,2
0,37	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,9	18,9	19,9	20,9	20,9	21,9	22,9	23,9	24,9
0,38	12,2	13,3	14,3	15,3	16,3	17,4	18,4	19,4	20,4	21,4	22,5	23,5	24,5	25,5	26,6
0,39	12,6	13,6	14,7	15,7	16,8	17,8	18,9	19,9	21,0	22,0	23,1	24,1	25,2	26,2	27,3
0,40	12,9	14,0	15,0	16,1	17,2	18,3	19,3	20,4	21,5	22,6	23,6	24,7	25,8	26,9	28,0
0,41	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9	22,0	23,1	24,2	25,3	26,4	27,5	28,6
0,42	13,5	14,7	15,8	16,9	18,1	19,2	20,3	21,4	22,6	23,7	24,8	26,0	27,1	28,2	29,3
0,43	13,9	15,0	16,2	17,3	18,5	19,6	20,8	22,0	23,1	24,3	25,4	26,6	27,7	28,9	30,0
0,44	14,2	15,4	16,6	17,7	18,9	20,1	21,3	22,5	23,6	24,8	26,0	27,2	28,4	29,6	30,7
0,45	14,5	15,7	16,9	18,1	19,3	20,6	21,8	23,0	24,2	25,4	26,6	27,8	29,0	30,2	31,4
0,46	14,8	16,1	17,3	18,5	19,8	21,0	22,3	23,5	24,7	26,0	27,2	28,4	29,7	30,9	32,1
0,47	15,2	16,4	17,7	18,9	20,2	21,5	22,7	24,0	25,3	26,5	27,8	29,1	30,3	31,6	32,8
0,48	15,5	16,8	18,1	19,3	20,6	21,9	23,2	24,5	25,8	27,1	28,4	29,7	31,0	32,3	33,5
0,49	15,8	17,1	18,4	19,7	21,1	22,4	23,7	25,0	26,3	27,7	29,0	30,3	31,6	32,9	34,2
0,50	16,1	17,5	18,8	20,1	21,5	22,8	24,2	25,5	26,9	28,6	29,6	30,9	32,3	33,6	35,0

Озимая рожь

33. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости количества продуктивной влаги на супесчаных почвах, ц/га

K _c	Годовая сумма осадков, мм														
	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
0,51	16,4	17,8	19,2	20,6	21,9	23,3	24,7	26,0	27,4	28,8	30,2	31,5	32,9	34,5	35,6
0,52	16,8	18,2	19,6	21,0	22,4	23,8	25,2	26,5	27,9	29,3	30,7	32,1	33,5	34,9	36,3
0,53	17,1	18,5	19,9	21,4	22,8	24,2	25,7	27,1	28,5	29,9	31,3	32,8	34,2	35,6	37,0
0,54	17,4	18,9	20,3	21,8	23,2	24,7	26,2	27,6	29,0	30,5	31,9	33,4	34,8	36,3	37,7
0,55	17,7	19,2	20,7	22,2	23,6	25,2	26,7	28,1	29,5	31,0	32,5	34,0	35,5	37,0	38,4
0,56	18,1	19,6	21,1	22,6	24,1	25,6	27,1	28,6	30,0	31,6	33,1	34,6	36,1	37,6	39,1
0,57	18,4	19,9	21,4	23,0	24,5	26,0	27,6	29,1	30,5	32,2	33,7	35,2	36,8	38,3	39,8
0,58	18,7	20,3	21,8	23,4	24,9	26,5	28,1	29,6	31,2	32,7	34,3	35,9	37,4	39,0	40,5
0,59	19,0	20,6	22,2	23,8	25,3	27,0	28,6	30,1	31,7	33,3	34,9	36,5	38,1	39,7	41,2
0,60	19,3	21,0	22,6	24,2	25,8	27,4	29,1	30,6	32,2	33,9	35,5	37,1	38,7	40,3	41,9
0,61	19,7	21,3	22,9	24,6	26,2	27,9	29,6	31,1	32,7	34,4	36,1	37,7	39,4	41,0	42,6
0,62	20,1	21,7	23,3	25,0	26,6	28,4	30,0	31,7	33,3	35,0	36,7	38,3	40,0	41,7	43,3
0,63	20,4	22,0	23,7	25,4	27,0	28,8	30,5	32,2	33,9	35,9	37,3	38,9	40,7	42,4	44,0
0,64	20,7	22,4	24,1	25,8	27,5	29,3	31,0	32,7	34,4	36,1	37,8	39,6	41,3	43,1	44,7
0,65	21,0	22,7	24,5	26,2	27,9	29,8	31,5	33,2	34,9	36,7	38,4	40,2	42,0	43,7	45,4
0,66	21,3	23,1	24,8	26,6	28,3	30,2	31,9	33,8	35,6	37,5	39,0	40,8	42,6	44,4	46,1

Особенности программирования продуктивности полевых культур

34. Возможный запас продуктивной влаги на суглинистых почвах при различном использовании годовых осадков, мм

K _c	Годовая сумма осадков, мм														
	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
0,67	201	217,75	234,5	251,25	268	284,75	301,5	318,25	335	351,75	368,5	385,25	402	418,75	435,5
0,68	204	221,0	238,0	255,0	272	289,0	306,0	323,0	340	357,0	374,0	391,0	408	425,0	442,0
0,69	207	224,25	241,5	258,75	276	293,25	310,5	327,75	345	362,25	379,5	396,85	414	431,25	448,5
0,70	210	227,5	245,0	262,5	280	297,5	315,0	332,5	350	367,5	385,0	402,5	420	437,5	455,0
0,71	213	230,75	248,5	266,25	284	301,75	319,0	337,25	355	372,75	390,5	408,25	426	443,75	461,5
0,72	216	234,0	252,0	270,0	288	306,0	324,0	342,0	360	378,0	396,0	414,0	432	450,0	468,0
0,73	219	237,25	255,5	273,75	292	310,25	328,5	346,75	365	383,25	401,5	419,75	438	456,25	474,5
0,74	222	240,5	259,0	277,5	296	314,5	333,0	351,5	370	388,5	407,0	425,5	444	462,5	481,0
0,75	225	243,75	262,5	281,25	300	318,75	337,5	356,25	375	393,75	412,5	431,25	450	468,75	487,5
0,76	228	246,0	266,0	285,0	304	323,0	342,0	361,0	380	399,0	418,0	437,0	456	475,0	494,0
0,77	231	250,25	269,5	288,75	308	327,25	346,5	365,75	385	404,25	423,5	442,75	462	481,25	500,5
0,78	234	253,5	273,0	292,5	312	331,5	351,0	370,5	390	409,5	429,0	448,5	468	487,5	507,0
0,79	237	256,75	276,5	296,25	316	335,75	355,5	375,25	395	414,75	434,5	454,25	474	493,75	513,5
0,80	240	260,0	280,0	300,0	320	340,0	360,0	380,0	400	420,0	440,0	460,0	480	500,0	520,0
0,81	243	263,5	283,5	303,75	324	344,25	364,5	384,75	405	425,25	445,5	465,75	486	506,25	526,5
0,82	246	266,5	287,0	307,5	326	348,5	369,5	389,5	410	430,5	451,5	471,5	493	512,5	533,0

Озимая рожь

35. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от влагообеспеченности суглинистых почв, ц/га

K _c	Головная сумма осадков, мм														
	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
0,67	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8	30,6	32,4	34,2	36,0	37,8	39,6	41,4	43,2	45,0	46,8
0,68	21,9	23,8	25,6	27,4	29,2	31,1	32,9	34,7	36,4	38,4	40,2	42,0	43,9	45,7	47,5
0,69	22,2	24,1	26,0	27,8	29,7	31,5	33,4	35,2	37,1	38,9	40,8	42,7	44,5	46,4	48,2
0,70	22,6	24,4	26,3	28,2	30,1	32,0	33,9	35,7	37,6	39,5	41,4	43,3	45,2	47,1	48,9
0,71	22,9	24,8	26,7	28,6	30,5	32,4	34,4	36,2	38,2	40,1	42,0	43,9	45,8	47,7	49,5
0,72	23,2	25,1	27,1	29,0	31,0	32,9	34,8	36,8	38,7	40,6	42,6	44,5	46,4	48,4	50,3
0,73	23,5	25,4	27,5	29,4	31,4	33,4	35,3	37,3	39,2	41,2	43,2	45,1	47,1	49,1	51,0
0,74	23,8	25,9	27,8	29,8	31,9	33,8	35,8	37,8	39,8	41,8	43,8	45,7	47,7	49,7	51,7
0,75	24,2	26,2	28,2	30,2	32,3	34,3	36,3	38,3	40,3	42,3	44,4	46,4	48,4	50,4	52,4
0,76	24,5	26,6	28,6	30,6	32,8	34,7	36,8	38,8	40,9	42,9	45,0	47,0	49,0	51,1	53,1
0,77	24,8	26,9	29,0	31,0	33,2	35,2	37,3	39,3	41,4	43,5	45,5	47,6	49,7	51,8	53,8
0,78	25,1	27,2	29,3	31,4	33,6	35,6	37,7	39,8	41,9	44,0	46,1	48,2	50,3	52,4	54,5
0,79	25,4	27,6	29,7	31,8	34,0	36,1	38,2	40,3	42,5	44,6	46,7	48,8	51,0	53,1	55,2
0,80	25,8	27,9	30,1	32,2	34,4	36,6	38,7	40,8	43,0	45,2	47,3	49,5	51,6	53,8	55,9
0,81	26,1	28,3	30,5	32,7	34,8	37,0	39,2	41,3	43,5	45,7	47,9	50,1	52,3	54,5	56,6

Более достоверные данные по урожайности получают в том случае, если продуктивную влагу определяют как сумму запасов доступной для растений влаги в метровом слое почвы в момент возобновления активной вегетации озимой ржи и эффективно используемых осадков за вегетационный период. Количество продуктивной влаги (W) в этом случае рассчитывают по формуле

$$W = W_0 + 0,8O_c, \quad (21)$$

где W_0 — содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы к моменту возобновления вегетации растений, мм;

O_c — количество осадков, выпадающих в течение вегетации, мм.

В метровом слое суглинистых дерново-подзолистых почв Черноземной зоны к моменту возобновления вегетации озимой ржи содержится 224 мм продуктивной влаги (W_0). За период с 22 апреля по 25 июля выпадает в среднем 200 мм осадков (O_c), из которых используется растениями примерно 75%. Подставив эти значения в формулу (21), определяют, что за период вегетации озимой ржи в большинстве лет в почве накапливается 374 мм продуктивной влаги:

$$W = 224 \text{ мм} + (0,75 \cdot 200 \text{ мм}) = 374 \text{ мм}.$$

Этому количеству продуктивной влаги соответствует урожай зерна 40,2 ц/га:

$$Y_T = \frac{100 \cdot 374 \text{ мм}}{930 \text{ мм} \cdot \text{га} / \text{ц}} = 40,2 \text{ ц/га}.$$

В качестве исходной информации для таких расчетов можно использовать материалы многолетних наблюдений по ближайшей к колхозу или совхозу метеорологической станции, а также данные агроклиматического справочника по области.

Связь между приходом ФАР, коэффициентом скрытой теплоты испарения (k_n) и необходимым количеством воды для получения заданного уровня урожая (E_0) используют для обоснования точности взаимодействия этих показателей.

Например, на формирование 1 кг органической массы озимой ржи в процессе фотосинтеза затрачивается 4500 ккал солнечной энергии. Для испарения 1 кг воды необходимо 586 ккал. При использовании 2,5% поглощаемой энергии на формирование 1 кг сухой биомассы (E_1) должно испариться 256 кг воды:

$$E_1 = \frac{100q}{k_n k_Q} = \frac{100\% \cdot 4500 \text{ ккал/кг}}{586 \text{ ккал/кг} \cdot 2,5\%} = 256 \text{ кг}, \quad (22)$$

где q — калорийность биомассы, ккал/кг;

k_n — коэффициент скрытой теплоты испарения (постоянная величина, равная 586 ккал/кг);

k_Q — коэффициент использования ФАР, %.

36. Возможный урожай озимой ржи в Нечерноземной зоне

Экономический район, область, АССР	R, ккал/см ²	W, мм	TV, декад	Kp, баллов	Урожай, ц/га		
					абсолютно сухой массы	биомассы 14%-ной влажности	зерна
1	2	3	4	5	6	7	8
Северный район:							
Архангельская	18,0	200—275	9,0—9,5	2,777—4,030	55,5—80,6	64,5—93,7	21,5—31,2
Вологодская	20,5	240—300	9,1—9,6	2,959—3,902	59,2—78,0	68,8—90,7	22,9—30,2
Мурманская	18,0	140	8,0	1,728	34,6	40,2	13,4
Карельская АССР	18,5	200—225	8,0—8,4	2,402—2,838	48,0—56,8	55,8—66,0	18,6—22,0
Коми АССР	18,5	150—200	8,2—8,6	1,846—2,582	36,9—51,6	42,9—60,0	14,3—20,0
Северо-Западный район:							
Ленинградская	20,5	240—275	9,1—9,6	2,959—3,577	59,2—71,5	68,8—83,1	22,9—27,7
Новгородская	20,5	240—285	9,1—9,6	2,959—3,707	59,2—74,1	68,8—86,2	22,9—28,7
Псковская	20,5	260—285	9,1—9,6	3,205—3,707	64,1—74,1	74,5—86,2	24,8—28,7
Центральный район:							
Брянская	24,0	325—400	9,4—9,6	3,535—4,444	70,7—88,9	82,2—103,4	27,4—34,5
Владимирская	22,0	300—355	9,4—9,6	3,560—4,303	71,2—86,1	82,8—100,0	27,6—33,3
Ивановская	22,0	280—320	9,4—9,6	3,323—3,878	66,5—77,6	77,3—90,2	25,8—30,1
Калининская	22,0	280—320	9,4—9,6	3,323—3,878	66,5—77,6	77,3—90,2	25,8—30,1

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8
Калужская	23,0	280—320	9,4—9,6	3,178—3,710	63,6—74,2	73,9—86,3	24,6—28,8
Костромская	22,0	280—330	9,4—9,6	3,323—4,000	66,5—80,0	77,3—93,0	25,8—31,0
Московская	23,5	355—395	9,5—9,7	3,985—4,528	79,7—90,6	92,7—105,3	30,9—35,1
Орловская	24,0	300—340	9,5—9,7	3,298—3,817	66,0—76,3	76,7—88,7	25,6—29,6
Рязанская	23,0	300—340	9,5—9,7	3,442—3,983	68,8—79,7	80,0—92,7	26,7—30,9
Смоленская	23,0	270—300	9,5—9,7	3,097—3,514	61,9—70,3	72,0—81,7	24,0—27,2
Тульская	23,0	300—350	9,5—9,7	3,442—4,100	68,8—82,0	80,0—95,3	26,7—31,8
Ярославская	22,0	300—350	9,5—9,7	3,598—4,286	72,0—85,7	83,7—99,6	27,9—33,2
Волго-Вятский район:							
Горьковская	22,5	300—340	9,4—9,6	3,481—4,029	69,6—80,6	80,9—93,7	27,0—31,2
Кировская	22,0	280—330	9,4—9,6	3,323—4,000	66,5—80,0	77,3—93,0	25,8—31,0
Марийская АССР	22,5	275—325	9,4—9,6	3,191—3,851	63,8—77,0	74,2—89,5	24,7—29,8
Мордовская АССР	23,5	250—300	9,6—9,8	2,836—3,475	56,7—69,5	65,9—80,8	22,0—26,9
Чувашская АССР	23,5	250—300	9,6—9,8	2,836—3,475	56,7—69,5	65,9—80,8	22,0—26,9
Уральский район:							
Пермская	23,5	300—350	9,6—9,8	3,404—4,054	68,1—81,1	79,2—94,3	26,4—31,4
Свердловская	23,5	300—350	9,6—9,8	3,404—4,054	68,1—81,1	79,2—94,3	26,4—31,4
Удмуртская АССР	23,5	325—350	9,6—9,8	3,687—4,054	73,7—81,1	85,7—94,3	28,6—31,4

В случае прихода 2,2 млрд. ккал/га ФАР за период вегетации озимой ржи и усвоения ее на 2,5% возможный урожай сухой биомассы составит 122 ц/га $[(2,2 \text{ млрд. ккал/га} \cdot 2,5\%) : (4500 \text{ ккал/кг} \cdot 100\%)]$, на формирование которой потребуется 3120 т/га, или 312 мм, воды:

$$E_0 = U_{\text{биол}} E_1 = 122 \text{ ц/га} \cdot 256 \text{ кг} = 3120 \text{ т/га.} \quad (23)$$

Показатели, необходимые для определения продуктивности озимой ржи в Нечерноземной зоне, приведены в таблице 36.

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Сопоставление прихода суммарной радиации с наличием влаги в почве за период вегетации озимой ржи имеет большое практическое значение, поскольку затраты тепла на испарение играют основную роль в расходной части теплового баланса подстилающей поверхности. При высокой остаточной радиации и оптимальном увлажнении растения хорошо развиваются, быстро формируют заданную площадь листьев и наращивают урожай в соответствии с разработанным графиком. Поэтому необходимо заранее составлять модель посевов ржи различной продуктивности, что позволит значительно сократить затраты посевного материала, минеральных и органических удобрений и снизить себестоимость продукции.

Например, заданный урожай 15 ц/га зерна при выходе с одного колоса 0,7 г может быть сформирован при числе продуктив-

37. Модель посевов озимой ржи различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Выход зерна с колоса, г	0,7	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,05
Количество продуктивных колосов к уборке на 1 м ² , шт.	214,3	266,7	312,5	353,0	388,0	421,0	450,0	476,2
Продуктивная кустистость	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
Количество продуктивных растений к уборке на 1 м ² , шт.	186,3	222,2	250,0	271,5	288,1	300,7	310,3	317,3
Выживаемость семян и растений к уборке (В _{общ}), %	60	63	65	67	68	69	70	71
Заданная норма высева, млн. всхожих семян/га	3,10	3,53	3,85	4,05	4,24	4,36	4,45	4,54

ных стеблей 214,3 на 1 м² (15 ц/га : 0,7 г). Если продуктивная кустистость окажется равной в среднем 1,15, то к уборке необходимо иметь 186,3 растения на 1 м² (214,3 продуктивных стеблей : 1,15). При общей выживаемости (В_{общ}) семян и растений к уборке заданный урожай 15 ц/га может быть получен при условии посева 3,1 млн. всхожих семян/га $[(186,3 \text{ растения/м}^2 : 60\%) \cdot 100\%]$. Чтобы получить 50 ц/га зерна, необходимо затратить на 46,4% больше посевного материала $[(4,54 \text{ млн. всхожих семян} \cdot 100\%) : 3,1 \text{ млн.} = 146,4\%]$ (табл. 37).

Указанным урожаям зерна должны соответствовать сборы абсолютно сухой массы 45 (15 ц/га · 3 части) и 150 ц/га (50 ц/га · 3 части) и средняя площадь листьев от 9,28 до 25,67 тыс. м²/га. При этих показателях можно ожидать максимальную площадь листьев соответственно 18,64 и 44,28 тыс. м²/га (табл. 38). Наибольшая продуктивность фотосинтеза достигается при быстром формировании оптимальной ассимиляционной поверхности и сохранении ею активности в течение длительного периода.

38. Фитометрические показатели посевов озимой ржи различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай абсолютно сухой массы, ц/га							
	45	60	75	90	105	120	135	150
Выход зерна на 1 тыс. единиц ФП, кг	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05
Выход абсолютно сухой массы на 1 тыс. единиц ФП, кг	5,10	5,25	5,40	5,55	5,70	5,85	6,00	6,15
ФП посева, тыс. м ² /га · дн.	882	1143	1389	1622	1842	2051	2250	2439
Средняя площадь листьев, тыс. м ² /га	9,28	12,03	14,62	17,07	19,39	21,58	23,78	25,67
Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	18,64	22,30	25,96	29,62	33,28	36,94	40,61	44,28

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

При построении системы удобрений на программируемый урожай озимой ржи необходимо правильно использовать картограммы обеспечения почв азотом, фосфором и калием. Работу по дифференцированию внесения удобрений выполняют следующим образом. В пределах каждого массива выявляют группы почв в зависимости от содержания в них питательных веществ и устанавливают их площадь. Затем, чтобы облегчить внесение удобрений, некоторые из этих групп объединяют в одну и планируют

39. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	9	9,3	9,6	9,9	10,2
4	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,7	10,0	10,4	10,8	11,2	11,6	12	12,4	12,8	13,2	13,6
5	9,7	10,2	10,7	11,2	11,6	12,1	12,6	13,1	13,5	14,0	14,5	15	15,5	16,0	16,6	16,9
6	11,6	12,2	12,8	13,4	13,9	14,5	15,1	15,7	16,2	16,8	17,4	18	18,6	19,2	19,9	20,2
7	13,5	14,2	14,9	15,6	16,2	16,9	17,6	18,3	18,9	19,6	20,3	21	21,7	22,4	23,2	23,7
8	15,5	16,3	17,1	17,8	18,6	19,4	20,1	20,9	21,7	22,4	23,2	24	24,8	25,6	26,5	27,1
9	17,4	18,3	19,2	20,0	20,9	21,8	22,6	23,5	24,4	25,2	26,1	27	27,9	28,7	29,8	30,5
10	19,3	20,3	21,3	22,3	23,2	24,2	25,1	26,1	27,1	28,0	29,0	30	31,0	31,9	33,1	33,9
11	21,3	22,4	23,4	24,5	25,6	26,6	27,7	28,7	29,8	30,9	31,9	33	34,1	35,1	36,4	37,2
12	23,2	24,4	25,5	26,7	27,9	29,0	30,2	31,3	32,5	33,7	34,8	36	37,2	38,3	39,7	40,6
13	25,1	26,4	27,6	29,0	30,2	31,4	32,7	33,9	35,2	36,5	37,7	39	40,3	41,5	43,0	44,0
14	27,1	28,5	29,8	31,2	32,5	33,9	35,2	36,6	37,9	39,3	40,6	42	43,4	44,7	46,4	47,4
15	29,0	30,5	31,9	33,4	34,8	36,3	37,7	39,2	40,6	42,1	43,5	45	46,5	47,9	49,7	50,8
16	30,9	32,5	34,0	35,6	37,1	38,7	40,2	41,8	43,3	44,9	46,4	48	49,6	51,1	53,0	54,2
17	32,9	34,6	36,2	37,9	39,5	41,1	42,8	44,4	46,1	47,7	49,4	51	52,7	54,3	56,3	57,6
18	34,8	36,6	38,3	40,1	41,8	43,5	45,3	47,0	48,8	50,5	52,3	54	55,7	57,5	59,6	61,0
19	36,7	38,6	40,4	42,3	44,1	45,9	47,8	49,6	51,5	53,3	55,2	57	58,8	60,7	62,9	64,4
20	38,7	40,7	42,6	44,5	46,5	48,4	50,3	52,3	54,2	56,1	57,1	60	61,9	63,9	66,2	67,7
21	40,6	42,7	44,7	46,7	48,8	50,8	52,8	54,9	56,9	58,9	61,0	63	65,0	67,1	69,5	71,1
22	42,5	44,7	46,8	48,9	51,1	53,2	55,3	57,5	59,6	61,7	63,9	66	68,1	70,3	72,8	74,5
23	44,5	46,8	49,0	51,2	53,4	55,7	57,9	60,1	62,3	64,5	66,8	69	71,2	73,5	76,2	77,9
24	46,4	48,8	51,1	53,4	55,7	58,1	60,4	62,7	65,0	67,3	69,7	72	74,3	76,6	79,5	81,3
25	48,3	50,8	53,3	55,7	58,1	60,5	62,9	65,3	67,7	70,1	72,6	75	77,4	79,8	82,8	84,7

норму удобрения по более низкой группе, если показатели содержания питательных веществ очень близки между собой. В отдельных случаях такой подход к обоснованию норм удобрений не будет экономически оправданным.

При составлении картограммы обеспеченности почв легкогидролизуемым азотом (по Тюрину и Кононовой) показатели от 6 до 10 мг/100 г почвы рекомендуется объединять в одну группу. Однако это не совсем правильно, поскольку в случае содержания азота в почве 6 мг/100 г запасы его на 1 га составляют 180 кг (6 мг·30 кг/га). При 20%-ном использовании азота растения озимой ржи выносят из почвы 36 кг/га этого элемента питания (180 кг/га·20% : 100%), что достаточно для образования 11,6 ц/га зерна (36 кг/га : 3,1 кг/ц) (табл. 39). При наличии азота в почве 10 мг/100 г запасы его на 1 га равны 300 кг (10 мг·30 кг/га). В случае 20%-ного усвоения азота растениями вынос его составляет 60 кг/га. При этом формируется 19,3 ц/га зерна озимой ржи (60 кг : 3,1 кг/ц), т. е. на 7,7 ц/га (19,3—11,6) больше, для получения которого при 6 мг легкогидролизуемого азота на 100 г почвы потребуется внести дополнительно 37 кг/га элемента (7,7 ц/га·3,1 кг/ц : 0,65), или 1,1 ц/га аммиачной селитры.

При составлении картограммы обеспеченности почв фосфором (по Кирсанову) показатели от 8 до 15 мг на 100 г почвы объединяют в группу со средней обеспеченностью. Причем в случае содержания 8 мг фосфора на 100 г почвы и 5%-ном его использовании растениями возможный урожай зерна составит 8,7 ц/га [(8 мг·30 кг/га·0,05) : 1,37 кг/ц], а 15 мг/100 г—16,4 ц/га [(15 мг·30 кг/га·0,05) : 1,37 кг/ц], или на 7,7 ц/га (16,4—8,7) выше (табл. 40), на формирование которого при 8 мг P_2O_5 на 100 г почвы потребуется дополнительно внести 30 кг/га фосфора (7,7 ц/га·1,37 кг/ц : 0,35), или 1,5 ц/га суперфосфата.

В картограмме обеспеченности почв доступным для растений калием (по Масловой) показатели от 15 до 25 мг на 100 г почвы составляют группу с повышенным содержанием этого элемента. При наличии 15 мг калия на 100 г почвы и 8%-ном его использовании растениями возможный урожай зерна составит 13,8 ц/га [(15 мг·30 кг/га·0,08) : 2,6 кг/ц]; 25 мг/100 г—23,1 ц/га [(25 мг·30 кг/га·0,08) : 2,6 кг/ц] (табл. 41), что на 9,3 ц/га (23,1—13,8) больше первого уровня. Чтобы получить 9,3 ц/га зерна озимой ржи на пашне с содержанием K_2O 15 мг/100 г, необходимо дополнительно дать около 35 кг/га калия (9,3 ц/га·2,6 кг/ц : 0,7), или 0,87 ц/га калийной соли.

Расчеты показывают, что разница в урожае зерна озимой ржи при различном содержании питательных веществ в почве и усвоении их растениями достигает по азоту 78,9 ц/га (84,7—5,8) (см. табл. 39), по фосфору—106,2 (109,5—3,3) (см. табл. 40) и по калию—66,4 ц/га (69,2—2,8) (см. табл. 41). Поэтому в каждом отдельном случае, пользуясь данными картограмм, рассчитывают

40. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	3,3	3,9	4,6	5,2	5,9	6,6	7,2	7,9	8,5	9,2	9,8	10,5	11,2	11,8	12,5	13,1
4	4,4	5,2	6,1	7,0	7,9	8,7	9,6	10,5	11,4	12,3	13,1	14,0	14,9	15,6	16,6	17,5
5	5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9	12,0	13,1	14,2	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,8	21,9
6	6,6	7,9	9,2	10,5	11,8	13,1	14,4	15,8	17,1	18,4	19,7	21,0	22,3	23,6	25,0	26,3
7	7,7	9,2	10,7	12,3	13,8	15,3	16,9	18,4	19,9	21,4	23,0	24,5	26,0	27,6	29,1	30,6
8	8,7	10,5	12,3	14,0	15,8	17,5	19,3	21,0	22,8	24,5	26,3	28,0	29,8	31,5	33,3	35,0
9	9,8	11,8	13,8	15,8	17,7	19,7	21,7	23,6	25,6	27,6	29,6	31,5	33,5	35,5	37,4	39,4
10	10,9	13,1	15,3	17,5	19,7	21,9	24,1	26,3	28,5	30,6	32,8	35,0	37,2	39,4	41,6	43,8
11	12,0	14,4	16,9	19,3	21,7	24,1	26,5	28,9	31,3	33,7	36,1	38,5	40,9	43,3	45,8	48,2
12	13,1	15,8	18,4	21,0	23,6	26,3	28,9	31,5	34,2	36,8	39,4	42,0	44,7	47,3	49,9	52,5
13	14,2	17,1	19,9	22,8	25,6	28,5	31,3	34,2	37,0	39,8	42,7	45,5	48,4	51,2	54,1	56,9
14	15,3	18,4	21,4	24,5	27,6	30,6	33,7	36,8	39,8	42,9	46,0	49,0	52,1	55,2	58,2	61,3
15	16,4	19,7	23,0	26,3	29,6	32,8	36,1	39,4	42,7	46,0	49,3	52,5	55,8	59,1	62,4	65,7
16	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0	38,6	42,0	45,5	49,0	52,5	56,0	59,6	63,7	66,6	70,1
17	18,6	22,3	26,0	29,8	33,5	37,2	40,9	44,7	48,4	52,1	55,8	59,6	63,3	67,0	70,7	74,4
18	19,7	23,6	27,6	31,5	35,5	39,4	43,3	47,3	51,2	55,2	59,1	63,1	67,0	70,9	74,9	78,8
19	20,8	25,0	29,1	33,3	37,4	41,6	45,8	49,9	54,1	58,2	62,4	66,6	70,7	74,9	79,0	83,2
20	21,9	26,3	30,6	35,0	39,4	43,8	48,2	52,5	56,9	61,3	65,7	70,1	74,4	78,8	83,2	87,6
21	23,0	27,6	32,2	36,8	41,4	46,0	50,6	55,2	59,8	64,4	69,0	73,6	78,2	82,8	87,4	92,0
22	24,1	28,9	33,7	38,5	43,3	48,2	53,0	57,8	62,6	67,4	72,3	77,1	81,9	86,7	91,5	96,3
23	25,2	30,2	35,2	40,3	45,3	50,4	55,4	60,4	65,5	70,5	75,5	80,6	85,6	90,6	95,7	100,7
24	26,3	31,5	36,8	42,0	47,3	52,5	57,8	63,1	68,3	73,6	78,8	84,1	89,3	94,6	99,8	105,1
25	27,4	32,8	38,3	43,8	49,3	54,7	60,2	65,7	71,2	76,6	82,1	87,6	93,1	98,5	104,0	109,5

41. Возможный урожай зерна озимой ржи в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержа- ние калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,5	4,8	5,2	5,5	5,9	6,2	6,6	6,9
4	3,7	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,4	7,9	8,3	8,8	9,2
5	4,6	5,2	5,8	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,2	9,8	10,4	11,0	11,5
6	5,5	6,2	7,0	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,1	11,8	12,4	13,1	13,8
7	6,5	7,3	8,1	8,9	9,7	10,5	11,3	12,1	12,9	13,7	14,6	15,3	16,1
8	7,4	8,3	9,2	10,2	11,1	12,0	12,9	13,8	14,8	15,7	16,6	17,5	18,4
9	8,3	9,3	10,4	11,4	12,5	13,5	14,5	15,6	16,6	17,6	18,6	19,7	20,7
10	9,2	10,4	11,5	12,7	13,8	15,0	16,2	17,3	18,5	19,6	20,8	21,9	23,1
11	10,2	11,4	12,7	14,0	15,2	16,5	17,8	19,0	20,3	21,6	22,8	23,1	25,4
12	11,1	12,5	13,8	15,2	16,6	18,0	19,4	20,8	22,2	23,5	25,0	26,3	27,7
13	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0	25,5	27,0	28,5	30,0
14	12,9	14,5	16,1	17,8	19,4	21,0	22,6	24,2	25,9	27,5	29,0	30,7	32,3
15	13,8	15,6	17,3	19,0	20,8	22,5	24,2	26,0	27,7	29,4	31,2	32,9	34,6
16	14,8	16,6	18,5	20,3	22,2	24,0	25,8	27,7	29,6	31,4	33,2	35,1	36,9
17	15,7	17,7	19,6	21,6	23,5	25,0	27,5	29,4	31,4	33,4	35,4	37,3	39,2
18	16,6	18,7	20,8	22,8	24,9	26,5	29,1	31,2	33,2	35,3	37,4	39,5	41,5
19	17,5	19,7	21,9	24,1	26,3	28,0	30,7	32,9	35,0	37,3	39,4	41,6	43,8
20	18,5	20,8	23,1	25,4	27,7	28,5	32,3	34,6	36,9	39,2	41,6	43,8	46,2
21	19,4	21,8	24,2	26,7	29,1	31,0	33,9	36,3	38,7	41,2	43,6	46,0	48,5
22	20,3	22,8	25,4	27,9	30,5	32,5	35,5	38,1	40,6	43,2	45,6	48,2	50,8
23	21,2	23,9	26,5	29,2	31,9	34,0	37,1	39,8	42,4	45,1	47,8	50,5	53,1
24	22,2	24,9	27,7	30,5	33,2	35,5	38,8	41,5	44,3	47,1	49,8	52,7	55,4
25	23,1	26,0	28,0	31,7	34,6	37,0	40,4	43,3	46,2	49,0	52,0	54,8	57,7
26	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0
27	24,9	28,0	31,2	34,3	37,4	40,5	43,6	46,8	49,9	53,0	56,0	59,2	62,3
28	25,8	29,1	32,3	35,5	38,8	42,0	45,2	48,5	51,7	54,9	58,1	61,4	64,6
29	26,8	30,1	33,5	36,8	40,1	43,5	46,8	50,1	53,5	56,8	60,1	63,5	66,8
30	27,7	31,2	34,6	38,1	41,5	45,0	48,5	51,9	55,4	58,8	62,4	65,8	69,2

количество урожая, которое может сформироваться за счет эффективного плодородия почвы при различном использовании питательных веществ. Каждый миллиграмм питательного вещества почвы обеспечивает получение определенного количества урожая. Оно зависит от коэффициента использования данного элемента питания растениями. Чтобы определить, сколько зерна можно получить на 1 мг/100 г питательного вещества почвы, содержание элемента питания из мг/100 г переводят в кг/га. Например, по картограмме обеспеченности почв легкогидролизуемым азотом содержится 3 мг этого элемента питания на 100 г почвы, или 90 кг/га (3 мг/100 г · 30 кг/а). При использовании его на 20% возможный вынос азота из почвы составит 18 кг/га (90 кг/га · 0,2), что достаточно для получения 5,81 ц/га зерна озимой ржи:

$$(3 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,2) : 3,1 \text{ кг/ц} = 5,81 \text{ ц/га};$$

$$(4 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,2) : 3,1 \text{ кг/ц} = 7,74 \text{ ц/га}.$$

С увеличением содержания азота на 1 мг/100 г урожай увеличивается на 1,93 (7,74—5,81) ц/га. При количестве азота 5 мг/100 г возможный сбор зерна составляет 9,68, 6 мг/100 г — 11,61 ц/га, т. е. на 1,93 ц/га выше (11,61—9,68). Этот показатель называется коэффициентом эффективного плодородия почвы ($K_{эф}$). Он показывает, на сколько центнеров с 1 га возрастает урожай с увеличением содержания питательного вещества на 1 мг на 100 г почвы. Произведение коэффициента эффективного плодородия на показатель обеспеченности по картограмме (П) даст ту часть урожая, которую можно получить за счет доступных питательных веществ почвы:

$$У_{эф} = K_{эф} \cdot П. \quad (24)$$

Так, например, по картограмме в почве содержится 12 мг/100 г азота. Этому уровню будет соответствовать урожай зерна озимой ржи 23,2 ц/га:

$$У_{эф} = 1,93 \cdot 12 \text{ мг/100 г} = 23,16 \text{ ц/га}.$$

С повышением коэффициента использования растениями питательных веществ из почвы увеличивается коэффициент эффективного плодородия. В случае усвоения из почвы 21% азота коэффициент эффективного плодородия составит 2,03. При этом количеству азота 12 мг/100 г будет соответствовать урожай зерна 24,4 ц/га (2,03 ц/га · 12 мг/100 г = 24,36 ц/га). В таблице 42 приведены коэффициенты эффективного плодородия почвы для озимой ржи. Наличие таких коэффициентов в каждом колхозе и совхозе позволит более правильно использовать картограммы обеспеченности почв элементами питания.

В таблице 43 дана схема расчета необходимых норм питательных веществ на запрограммированный урожай озимой ржи. Здесь для выявления урожая за счет эффективного плодородия почвы

использованы коэффициенты эффективного плодородия при 25%-ном использовании азота, 10%-ном — фосфора и 13%-ном — калия. За счет питательных элементов почвы можно собрать урожай зерна озимой ржи по азоту — 21,3 ц/га (8,8 мг/100 г · 2,42 ц/га), по фосфору — 21 (9,6 мг/100 г · 2,19 ц/га) и по калию — 27,9 ц/га (18,6 мг/100 г · 1,50 ц/га). При программировании 35 ц/га зерна необходимо рассчитать нормы NPK на прибавку урожая по азоту 13,7 ц/га (35—21,3), по фосфору — 14 ц/га (35—21) и по калию — 7,1 ц/га (35—27,9). Озимая рожь на формирование 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы потребляет 3,1 кг азота,

42. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев зерна озимой ржи и озимой пшеницы

По азоту		По фосфору		По калию	
$K_{п}, \%$	$K_{эф}, \text{ ц/га}$	$K_{п}, \%$	$K_{эф}, \text{ ц/га}$	$K_{п}, \%$	$K_{эф}, \text{ ц/га}$

Озимая рожь

20	1,93	5	1,10	8	0,92
21	2,03	6	1,31	9	1,03
22	2,13	7	1,53	10	1,15
23	2,23	8	1,75	11	1,27
24	2,32	9	1,97	12	1,39
25	2,42	10	2,19	13	1,50
26	2,52	11	2,41	14	1,61
27	2,61	12	2,63	15	1,73
28	2,71	13	2,85	16	1,85
29	2,81	14	3,07	17	1,97
30	2,91	15	3,29	18	2,08
31	3,00	16	3,51	19	2,19
32	3,10	17	3,73	20	2,31
33	3,20	18	3,94	21	2,42
34	3,29	19	4,16	22	2,54
35	3,39	20	4,38	23	2,66

Озимая пшеница

20	1,84	5	1,31	8	1,20
21	1,94	6	1,56	9	1,35
22	2,03	7	1,82	10	1,50
23	2,13	8	2,09	11	1,65
24	2,22	9	2,35	12	1,80
25	2,31	10	2,61	13	1,95
26	2,40	11	2,87	14	2,10
27	2,50	12	3,13	15	2,25
28	2,59	13	3,39	16	2,40
29	2,68	14	3,65	17	2,55
30	2,77	15	3,91	18	2,70
31	2,83	16	4,17	19	2,85
32	2,95	17	4,43	20	3,00
33	3,04	18	4,70	21	3,15
34	3,11	19	4,96	22	3,30
35	3,23	20	5,22	23	3,45

43. Расчет норм удобрений на заданный урожай зерна озимой ржи (35 ц/га) с использованием коэффициента эффективного плодородия почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Содержание в почве (П), мг/100 г	8,8	9,6	18,6
Коэффициент использования питательного вещества почвы (K _п)	0,25	0,10	0,13
Коэффициент эффективного плодородия почвы (K _{эф}) при этих коэффициентах использования NPK из почвы	2,42	2,19	1,50
Урожай, который может быть получен за счет эффективного плодородия почвы (У _{эф} = ПК _{эф}), ц/га	21,3	21,0	27,9
Прибавка урожая, на которую необходимо внести питательные вещества (У _{пр} = У _{прог} - ПК _{эф}), ц/га	13,7	14,0	7,1
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы (В ₁), кг	3,1	1,37	2,6
Возможный вынос прибавкой урожая [В _{пр} = (У _{прог} - ПК _{эф}) В ₁], кг/га	42,5	19,2	18,5
Коэффициент усвоения питательного вещества в год внесения удобрения (K _у)	0,65	0,32	0,70
Норма питательного вещества на заданный урожай с учетом усвоения из вносимых туков (Д _{д.в} = В _{пр} : K _у), кг/га	65	60	26

1,37 — фосфора и 2,6 кг калия. С учетом этих показателей нужно дать 42,5 кг/га азота (13,7 ц/га · 3,1 кг/ц), 19,2 — фосфора (14 ц/га · 1,37 кг/ц) и 18,5 кг/га калия (7,1 ц/га · 2,6 кг/ц). В год внесения удобрений растения озимой ржи используют из них 65% азота, 32 — фосфора и 70% калия. С поправкой на эти коэффициенты для получения 35 ц/га зерна требуется 65 кг/га азота (42,5 кг/га : 0,65), 60 — фосфора (19,2 кг/га : 0,32) и 26 кг/га калия (18,5 кг/га : 0,70), или в сумме 151 кг/га NPK. На 1 кг NPK будет получено 9,3 кг зерна озимой ржи (14 ц/га : 151 кг/га NPK). Расчет можно вести по формуле

$$Д_{д.в} = \frac{(У - ПК_{эф}) В_1}{K_y} \quad (25)$$

Например,

$$Д_{д.в} = \frac{(35 \text{ ц/га} - 9,6 \text{ мг/100 г } P_2O_5 \cdot 2,19 \text{ ц/га}) \cdot 1,37 \text{ кг/ц } P_2O_5}{0,32} = 60 \text{ кг/га } P_2O_5 \text{ (см. табл. 43).}$$

Следовательно, располагая данными картограмм обеспеченности почвы NPK и коэффициентами эффективного плодородия почвы, определяют ту часть урожая, которая будет сформирована за счет

запасов питательных веществ почвы, а затем рассчитывают нормы NPK на прибавку урожая. Для уточнения коэффициентов использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений пользуются данными агрохимических лабораторий, прилегающих к землям хозяйства. При необходимости уточнения норм удобрений проводят балансовый расчет, который складывается из статей прихода и расхода NPK. В первую очередь определяют вынос питательных веществ с фактически полученным урожаем.

Например, на участке с показателями 8,8 мг легкогидролизуемого азота, 9,6 мг фосфора и 18,6 мг калия на 100 г почвы фактический урожай озимой ржи составил 39 ц/га зерна. С этим урожаем вынесено 120,9 кг/га азота (39 ц/га · 3,1 кг/ц), 53,4 — фосфора (39 · 1,37) и 101,4 кг/га калия (39 ц/га · 2,6 кг/ц). Питательные вещества, вынесенные растениями из почвы, определяют умножением урожаев, рассчитанных по эффективному плодородию почвы, на вынос элементов питания 1 ц зерна и соответствующим ему количеством соломы (см. табл. 43). От общего выноса на долю запасов почвы приходится 66 кг/га азота (21,3 ц/га · 3,1 кг/ц), 28,8 — фосфора (21 · 1,37) и 72,5 кг/га калия (27,9 ц/га · 2,6 кг/ц). Разность между общим выносом и выносом из почвы составила ту часть питательных веществ, которая использована растениями из туков: азота — 54,9 кг/га (120,9 — 66), фосфора — 24,6 (53,4 — 28,8) и калия — 28,9 кг/га (101,4 — 72,5). В почве осталось 10,1 кг/га азота и 35,4 — фосфора удобрений. Таким образом, баланс питательных веществ оказался положительным (табл. 44).

44. Баланс NPK под посевами озимой ржи (фактический урожай зерна — 39 ц/га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынесено с фактическим урожаем (В _{об}), кг/га	120,9	53,4	101,4
В том числе:			
из почвы (В _п)	66,0	28,8	72,5
из удобрений (В _у)	54,9	24,6	28,9
Внесено NPK с минеральными удобрениями (Д _{д.в}), кг/га	65	60	26
Фактически использовано из удобрений (K _у)	0,84	0,41	1,11
Осталось в почве NPK удобрений (Д _{о.с} = Д _{д.в} - В _у), кг/га	10,1	35,4	—

Если принять, что запахищаемые с корневыми и пожнивными остатками питательные вещества идут на пополнение запасов почвы, а остаточное количество NPK удобрений (Д_{о.с}) будет исполь-

зовано последующей в севообороте культурой, то баланс питательных веществ можно рассчитать по формуле

$$D_{oc} = D_{д.в} - B_y, \quad (26)$$

где $B_y = D_{д.в} K_y$.

Под озимую рожь было внесено 60 кг/га фосфора, из которого растениями вынесено 24,6 кг/га. Тогда $D_{oc} = 60 \text{ кг/га} - 24,6 \text{ кг/га} = 35,4 \text{ кг/га } P_2O_5$; $B_y = 60 \text{ кг/га} \cdot 0,41 = 24,6 \text{ кг/га}$.

Озимая рожь при одних и тех же показателях влагообеспеченности и затрат воды на формирование единицы биомассы дает урожай зерна на 15–20% меньше, чем озимая пшеница, вследствие более «широкого» отношения зерна к соломе (1:2). Поэтому соотношение основных питательных веществ, выносимых рожью, отличается от соотношения питательных веществ, выносимых озимой пшеницей:

озимая пшеница — $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0,35 : 0,62$;

озимая рожь — $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0,44 : 0,84$.

Это обстоятельство также учитывают при обосновании норм удобрений на заданные урожаи озимой ржи. В таблице 45 приведены основные показатели химического состава зерна и соломы озимой ржи, вынос питательных веществ растениями и их соотношение в урожае.

45. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае озимой ржи

Показатель	N	P_2O_5	K_2O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	2,20	0,85	0,60	3,65
в соломе	0,45	0,26	1,00	1,71
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы, кг	3,10	1,37	2,60	7,07
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,442	0,839	2,281
фосфор » » 1	2,372	1,00	1,90	5,272
калий » » 1	1,192	0,527	1,00	2,719
в процентах	43,85	19,46	36,69	100

Если известно соотношение элементов минерального питания в урожае, то легко определить количество питательных веществ, необходимых для формирования заданного урожая. Например, на каждый килограмм фосфора нужно внести 2,372 кг азота и 1,9 — калия (см. табл. 45). Следовательно, при норме фосфора 100 кг/га следует использовать 237,2 кг/га азота и 190 кг/га калия. Показатели, приведенные в таблице 45, могут быть положены в основу расчета норм удобрений под озимую рожь с учетом уровня окультуренности почв хозяйства. В таблице 46 приведены нормы NPK под эту культуру. Систему удобрения строят с учетом удовлетворения потребностей растений в элементах питания на всех этапах их роста и развития, для чего организуют проведение листовой диагностики. Этот метод позволяет определить содержание неорганических, резервных форм основных элементов питания (нитратного азота, фосфора и калия) в растениях. В таблице 47 приведены результаты диагностики.

46. Нормы NPK на заданный урожай озимой ржи, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га							
		15–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50	51–55
N	III	40–50	52–60	62–70	72–80	82–90	92–100	102–112	114–124
	IV	35–40	42–52	54–62	64–72	74–82	84–92	94–102	104–114
	V	30–35	37–42	44–54	56–64	66–74	76–84	86–94	96–104
	VI	25–30	32–37	39–44	46–56	58–66	68–76	78–86	88–96
P_2O_5	III	45–55	57–65	67–75	77–85	87–95	97–105	107–115	117–125
	IV	40–45	47–57	59–67	69–77	79–87	89–97	99–107	109–117
	V	35–40	42–47	49–59	61–69	71–79	81–89	91–99	101–109
	VI	30–35	37–42	44–49	51–61	63–71	73–81	83–91	93–101
K_2O	III	25–30	32–42	44–52	54–62	64–72	74–82	84–92	94–102
	IV	20–25	27–32	34–44	46–54	56–64	66–74	76–84	86–94
	V	15–20	22–27	29–34	36–46	48–56	58–66	68–76	78–86
	VI	10–15	17–22	24–29	31–36	38–48	50–58	60–68	70–78

Применение метода листовой диагностики дает возможность выяснить действительную доступность для растений питательных веществ всего корнеобитаемого слоя почвы, что трудно учесть только при химических анализах почвы; выявить особенности потребления растениями NPK почвы и удобрений; контролировать питание растений по фазам их роста и развития; устанавливать необходимость подкормок и ориентировочные нормы питательных веществ; судить о правильности метода расчета доз удобрений на заданный урожай; уточнить систему удобрений в целом.

Для озимой ржи необходим весенний контроль за состоянием растений после перезимовки и густотой их стояния, за обеспечен-

ностью посевов азотом, фосфором и калием. Если при анализе будет выявлено, что содержание азота в почве достаточно для получения 40 ц/га зерна, фосфора — 38, калия — 55 ц/га, а густота стеблестоя обеспечит только 25 ц/га, то урожай все равно окажется равным 25 ц/га. Уточнение в весенний период факторов урожайности озимой ржи позволит принять решение: на каких площадях (участках) озимые нуждаются в пересеве (при условии плохой перезимовки растений) и каковы должны быть дозы азота, фосфора и калия для подкормки посевов. В соответствии с этим разрабатывают технологическую карту возделывания культуры по заданной программе.

47. Оптимальное содержание азота, фосфора и калия в растениях озимой ржи, % от абсолютно сухой массы (по В. В. Церлинг)

Фаза роста и развития	Надземная часть			Листья		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение	4,0—5,0	1,2—1,5	6,0	4,0—5,0	1,2—1,5	6,0
Выход в трубку	3,5	0,8	3,5	3,8—4,2	0,9—1,0	4,0
Колошение — цветение	1,3—1,4	0,6	2,3—2,8	2,2—3,1	0,6—0,7	2,3—3,1

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Технология возделывания озимой ржи на программируемый урожай аналогична технологии возделывания озимой пшеницы (см. табл. 26).

Я Р О В А Я П Ш Е Н И Ц А

Программирование продуктивности яровой пшеницы возможно при учете таких основных факторов, как приход ФАР, сумма температур, относительная влажность воздуха, количество продуктивной влаги перед посевом, сумма осадков за вегетационный период, агрохимические показатели почвы, нормы удобрений, использование растениями НРК почвы и удобрений, накопление биомассы и показатели фотосинтетической деятельности посевов. Вследствие этого программирование урожая отличается как от прогнозирования, так и от планирования. Различие между программированием и прогнозированием весьма существенно. Согласно программированию, не следует ожидать, оправдается или не оправдается прогноз урожаев. Необходимо активно вмешиваться в процесс формирования посевов с заданной продуктивностью путем правильного установления норм высева, получения оптималь-

ной для данных климатических условий густоты стояния растений, площади листьев, фотосинтетического потенциала, а также путем своевременного проведения всех агротехнических работ, предусмотренных технологией возделывания яровой пшеницы.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Количество приходящей солнечной энергии на посевы яровой пшеницы за период вегетации дает возможность оценить ресурсы ее урожая при программировании. Например, в случае прихода ФАР 18 ккал/см² и при КПД ФАР, равном 1%, урожай составляет 20,7 ц/га зерна. Если эффективное плодородие почвы, климатические условия и уровень агротехники не позволяют получить больше зерна и фактический урожай его в хозяйстве равен 21—22 ц/га, то оценка результатов программирования урожая яровой пшеницы будет весьма хорошей. В этом случае в полной мере проявляется действие закона ограничивающего фактора, или закона минимума. Суть его состоит в том, что урожай во многом зависит от фактора (или элемента минерального питания) роста и развития растений, который находится в минимуме. Если доступного для растений азота в почве достаточно для формирования 15 ц/га зерна яровой пшеницы, фосфора — 25 и калия — 45 ц/га, то урожай все равно будет в пределах 15 ц/га. Другие дополнительные затраты в земледелии без учета фактора, находящегося в минимуме, не могут дать должного эффекта. Закон минимума определяет систему земледелия, способы обработки почвы, проведение дорогостоящих мероприятий по осушению и орошению земель.

В случае прихода 22,5 ккал/см² ФАР и КПД ее, равном 2,25%, максимально возможный урожай зерна яровой пшеницы составляет 58,3 ц/га. Если при высокой культуре земледелия и благоприятных климатических условиях будет получено 56 ц/га зерна, то качество программирования урожая окажется высоким, но не выше, чем в предыдущем случае. Однако если при максимально возможном урожае 58,3 ц/га урожай в хозяйстве оказался 33—37 ц/га, то этот результат с точки зрения программирования продуктивности яровой пшеницы следует считать неудовлетворительным. С точки зрения планирования первый случай, с урожаем в 21—22 ц/га, может быть оценен невысоко, а последний, с урожаем 33—37 ц/га, — высоко. В этом различие между понятиями программирование и планирование урожаев.

Критерием оценки качества результатов программирования должен служить коэффициент аккумулялирования посевами солнечной энергии. В таблице 48 приведены урожаи зерна яровой пшеницы при различном использовании ФАР растениями. Расчеты проводили по формуле (16). При этом учитывали следующие показатели: $K_m = 0,53$ (при соотношении зерна к соломе 1:1,2, или

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

В областях с недостаточным и неустойчивым количеством осадков одно из важных условий, определяющих действительно возможный урожай яровой пшеницы, — обеспеченность растений влагой. Она складывается из осадков, выпадающих в течение года. Для расчета возможного урожая используют показатели продуктивной влаги в почве, накопленные осенью, зимой и весной до посева пшеницы. Обычно во всех справочниках и методических указаниях агрометеорологической службы влага выражается в миллиметрах, а в практике земледелия она используется в тоннах или центнерах. Для определения влагообеспеченности растений на 1 га количество осадков в миллиметрах умножают на 10, так как 1 мм осадков равняется 10 т влаги на 1 га. Если в расчет принимают среднегодовое количество осадков, то в них продуктивной для растений влаги содержится около 70%, а 30% составляют непродуцируемые расходы. Эти показатели требуют уточнения в каждом районе. Возможный урожай яровой пшеницы определяют по формуле

$$U_{\text{биол}} = \frac{100W}{K_w}, \quad (27)$$

где W — продуктивная влага, мм;
 K_w — коэффициент водопотребления, мм·га/ц.

Например, при наличии 400 мм, или 40 тыс. ц/га, продуктивной влаги и коэффициенте водопотребления 400 возможный урожай яровой пшеницы составит $U = \frac{40\,000 \text{ ц/га воды}}{400} = 100 \text{ ц/га сухой}$ массы, или 49,5 ц/га зерна (табл. 50).

Наиболее точные величины возможных урожаев получают при определении запасов продуктивной влаги к моменту посева яровой пшеницы и количества осадков, выпадающих за май — июль.

Например, в Саратовской области к моменту посева в слое почвы 0—100 см бывает 95—120 мм влаги, за период вегетации выпадает 66—113 мм. Всего накапливается 161—223 мм, или 16,1—22,3 тыс. ц/га воды. При использовании растениями на 1 ц зерна 900 ц воды этих запасов достаточно для формирования урожая 17,9 (16 100 : 900) — 24,8 (22 300 ц/га : 900) ц/га. При затрате на 1 ц зерна 1000 ц воды эти показатели будут несколько ниже (16,1—21,3 ц/га) (табл. 51).

В Алтайском крае количество продуктивной для растений влаги составляет в среднем 162—189 мм, что при коэффициенте водопотребления 1000 достаточно для формирования 16,2—18,9 ц/га зерна яровой пшеницы (см. табл. 51). Однако по теплообеспеченности этот край подразделяется на четыре агроклиматических района, имеющих различный характер увлажнения. Сумма температур выше 10°C колеблется здесь от 1750 до 2350°C. Она на-

50. Возможный урожай зерна яровой пшеницы в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K _w	Количество продуктивной для растений влаги, мм												
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
200	49,5	55,6	61,8	68,0	74,2	80,4	86,6	92,8	98,9	105,1	111,3	117,5	123,7
225	44,0	49,5	55,0	60,5	65,9	71,4	76,9	82,5	87,9	93,4	98,9	104,5	109,9
250	39,6	44,5	49,5	54,4	59,4	64,3	69,3	74,2	79,1	84,1	89,1	94,0	98,9
275	35,9	40,5	45,0	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	71,9	76,4	80,9	85,2	89,9
300	33,0	37,1	41,2	45,4	49,5	53,6	57,7	61,8	65,8	70,1	74,2	78,3	82,5
325	30,5	34,2	38,0	41,9	45,6	49,5	53,3	57,1	60,9	64,7	68,5	72,3	76,1
350	28,2	31,8	35,4	38,9	42,4	45,9	49,5	53,0	56,5	60,1	63,6	67,1	70,7
375	26,4	29,7	33,0	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	52,8	56,1	59,4	62,7	65,9
400	24,7	27,8	30,9	34,0	37,1	40,2	43,3	46,4	49,5	52,5	55,6	58,8	61,8
425	23,3	26,2	29,1	32,0	34,9	37,8	40,7	43,6	46,5	49,5	52,4	55,3	58,2
450	22,0	24,7	27,5	30,2	33,0	35,7	38,5	41,2	44,0	46,7	49,5	52,2	55,0
475	20,8	23,4	26,0	28,6	31,2	33,9	36,5	39,1	41,6	44,2	46,8	49,5	52,1
500	19,8	22,2	24,7	27,2	29,7	32,2	34,6	37,1	39,6	42,0	44,5	47,0	49,5
525	18,8	21,2	23,5	25,9	28,2	30,6	33,0	35,3	37,7	40,0	42,4	44,8	47,1
550	18,0	20,0	22,5	24,7	27,0	29,2	31,4	33,7	35,9	38,2	40,5	42,8	45,0
575	17,2	19,4	21,5	23,6	25,8	27,9	30,1	32,2	34,4	36,5	38,7	40,8	43,1
600	16,5	18,5	20,6	22,6	24,7	26,8	28,8	30,9	33,0	35,0	37,1	39,2	41,2
625	15,8	17,8	19,8	21,7	23,7	25,7	27,7	29,7	31,7	33,6	35,6	37,6	39,6
650	15,2	17,1	19,0	20,9	22,8	24,7	26,6	28,5	30,4	32,3	34,2	36,1	38,0
675	14,6	16,5	18,3	20,1	22,0	23,8	25,6	27,5	29,3	31,1	33,0	35,3	37,1
700	14,1	15,9	17,7	19,4	21,2	22,9	24,7	26,5	28,2	30,0	31,8	33,5	35,3

51. Влагообеспеченность посевов яровой пшеницы в период ее вегетации и ее продуктивность

Экономический район, область, республика, край	Продуктивная влага весной в слое 100 см, мм	Осадки за май—июль, мм	Сумма осадков, мм	Возможный урожай зерна при коэффициенте водо-потребления, ц/га	
				900	1000
1	2	3	4	5	6
Центральный район:					
Брянская	136—164	138—150	274—314	30,4—34,9	27,4—31,4
Орловская	141—160	120—140	261—300	29,0—33,3	26,1—30,0
Тульская	150—165	110—118	260—283	29,0—31,4	26,0—28,3
Рязанская	148—167	115—122	263—289	29,2—32,1	26,3—28,9
Московская	168—182	124—133	292—315	32,4—35,0	29,2—31,5
Владимирская	156—171	120—127	276—298	30,7—33,1	27,6—29,8
Смоленская	140—151	118—128	258—279	28,7—31,0	25,8—27,9
Волго-Вятский район:					
Мордовская АССР	149—160	125—138	274—298	30,4—33,1	27,4—29,8
Горьковская	151—170	121—130	272—300	30,2—33,3	27,2—30,0
Чувашская АССР	137—150	118—129	255—279	28,3—31,0	25,5—27,9
Центрально-Черноземный район:					
Белгородская	128—142	120—130	248—272	27,5—30,2	24,8—27,2
Курская	135—156	128—141	263—297	29,2—33,0	26,3—29,7
Воронежская	129—144	121—136	250—280	27,8—31,1	25,0—28,0
Липецкая	139—154	130—148	269—302	29,9—33,5	26,9—30,2
Тамбовская	142—152	129—150	271—302	30,1—33,5	27,1—30,2
Поволжский район:					
Пензенская	128—146	131—144	259—290	28,8—32,2	25,9—28,0
Татарская АССР	135—147	130—148	265—295	29,4—32,8	26,5—29,5
Ульяновская	122—142	132—153	254—295	28,2—32,8	25,4—29,6
Вашкирская АССР	134—154	135—142	269—296	29,9—32,9	26,9—29,6
Куйбышевская	112—135	114—144	226—279	25,1—31,0	22,6—27,9
Волгоградская	82—128	94—120	176—248	19,5—27,5	17,6—24,8
Саратовская	95—120	66—113	161—223	17,9—24,8	16,1—21,3
Калмыцкая АССР	70—115	82—110	152—225	16,9—25,0	15,2—22,5
Астраханская	68—112	76—102	144—214	16,0—23,8	14,4—21,4
Северо-Кавказский район:					
Краснодарский край	156—175	130—140	286—315	31,8—35,0	28,6—31,5
Ростовская	132—142	118—122	250—264	27,8—29,3	25,0—26,4
Ставропольский край	145—164	127—131	272—295	30,2—32,8	27,2—29,5
Северо-Осетинская АССР	151—167	145—156	296—323	32,9—37,0	29,6—32,3
Кабардино-Балкарская АССР	148—164	142—152	290—316	32,2—35,1	29,0—31,6
Чечено-Ингушская АССР	146—160	139—149	285—309	31,6—34,3	28,5—30,9
Дагестанская АССР	130—144	121—131	251—275	28,0—30,5	25,1—27,5

Продолжение

1	2	3	4	5	6
Уральский район:					
Удмуртская АССР	138—147	127—138	265—285	29,4—31,7	26,5—28,5
Курганская	96—115	80—85	176—200	19,5—22,2	17,6—20,0
Оренбургская	112—120	96—124	208—244	23,1—27,1	20,8—24,4
Челябинская	118—127	99—130	217—257	24,1—28,6	21,7—25,7
Пермская	124—132	104—132	228—264	25,3—29,3	22,8—26,4
Свердловская	124—140	107—136	231—276	25,7—30,7	23,1—27,6
Западно-Сибирский район:					
Омская	132—148	124—131	256—279	28,4—31,0	25,6—27,9
Новосибирская	130—144	118—129	248—273	27,5—30,3	24,8—27,3
Томская	127—140	115—124	242—264	27,0—29,3	24,2—26,4
Алтайский край	101—117	61—72	162—189	18,0—21,0	16,2—18,9
Тюменская	117—131	107—124	224—255	24,9—28,4	22,4—25,5

капливается в течение 115—140 дней. Осадков выпадает от 150 до 400 мм, которые и обеспечивают различные урожаи яровой пшеницы — от 10,5 до 28 ц/га (табл. 52). В первом агроклиматическом районе сумма температур выше 10°C недостаточна для возделывания яровой пшеницы, во втором — эта культура будет обеспечена теплом только в 80—90% лет, в третьем — в 96—100, в четвертом — в 100% лет.

На неорошаемых полях даже самые высокие урожаи яровой пшеницы значительно ниже потенциальной продуктивности лучших сортов, внедряемых в производство. Повысить урожайность этой культуры можно только за счет выращивания сортов с «узким» соотношением зерна и соломы или за счет расширения поливных земель. При одних и тех же условиях влагообеспеченности сорта с большим содержанием зерна в общей биомассе дадут урожай выше, чем сорта с большим количеством соломы. Например, при наличии 275 мм, или 27,5 ц/га, продуктивной для растений влаги и затрате на формирование 1 ц абсолютно сухой биомассы 500 ц (K_w) воды возможный урожай сухого зерна и соломы составит 55 ц/га (27,5 тыс. ц/га воды: 500). Данному урожаю соответствует сбор 64 ц/га биомассы ($55 \text{ ц/га} : 86\% \cdot 100\%$) при стандартной влажности. Если в этом урожае на одну часть зерна приходится 1,35 части соломы, то урожай зерна составит 27,2 ц/га (64 ц/га : 2,35 части). При условии возделывания сорта с соотношением зерна и соломы 1:0,5 (1,5 части) можно собрать 42,7 ц/га (64 ц/га : 1,5) зерна яровой пшеницы, т. е. при одной и той же влагообеспеченности продуктивность земли повысится на 15,5 ц/га зерна (табл. 53).

52. Продуктивность яровой пшеницы по агроклиматическим районам Алтайского края

Характер увлажнения	Сумма температур выше 10°C, °C	Сумма осадков за период с температурами выше 10°C, мм	Продуктивная влага, мм	Урожай зерна, ц/га	Вероятность получения урожая, %
Наиболее прохладный					
Хорошо увлажненный	1750	200—275	140—192	—	—
Прохладный					
Хорошо увлажненный	1900—2050	300—400	210—280	21,0—28,0	80—90
Увлажненный	1900—2050	225—300	157—210	15,7—21,0	80—96
Слабоувлаженный	1900—2050	190—225	133—157	13,3—15,7	80—96
Умеренно теплый					
Хорошо увлажненный	2050—2200	300—400	210—280	21,0—28,0	96—100
Увлажненный	2050—2200	225—300	157—210	15,7—21,0	96—100
Слабоувлаженный	2050—2200	170—225	119—157	11,9—15,7	96—100
Теплый					
Хорошо увлажненный	2200—2350	300—400	210—280	21,0—28,0	100
Увлажненный	2200—2350	225—300	157—210	15,7—21,0	100
Засушливый	2200—2350	150—225	105—157	10,5—15,7	100

53. Урожайность сортов яровой пшеницы с различным соотношением зерна и соломы при одинаковой влагообеспеченности

Соотношение зерно : солома	Сумма частей, $\Sigma \alpha$	Урожай зерна, ц/га	Соотношение зерно : солома	Сумма частей, $\Sigma \alpha$	Урожай зерна, ц/га
1 : 1,35	2,35	27,2	1 : 0,90	1,90	33,7
1 : 1,30	2,30	27,8	1 : 0,85	1,85	34,6
1 : 1,25	2,25	28,4	1 : 0,80	1,80	35,5
1 : 1,20	2,20	29,1	1 : 0,75	1,75	36,6
1 : 1,15	2,15	29,8	1 : 0,70	1,70	37,6
1 : 1,10	2,10	30,5	1 : 0,65	1,65	38,8
1 : 1,05	2,05	31,2	1 : 0,60	1,60	40,0
1 : 1,00	2,00	32,0	1 : 0,55	1,55	41,3
1 : 0,95	1,95	32,8	1 : 0,50	1,50	42,7

Постоянное повышение влагоемкости пахотных почв — одно из главных условий увеличения урожайности яровой пшеницы. Показатель влагоемкости почв позволяет судить о том, способна ли данная почва снабжать растения дополнительной влагой в те периоды, когда транспирация превышает количество выпадающих осадков. Повысить влагоемкость почвы можно в результате постоянного внесения в нее навоза, торфа, соломы и запахиваемых корневых и пожнивных остатков. По приблизительным подсчетам, 1 т/га соломы, запаханной в почву при одновременном применении 7—10 кг/га азота, приравнивается 4—5 т/га свежего навоза и обеспечивает накопление на каждом гектаре пахотного горизонта почвы до 250 кг органического вещества. С увеличением содержания гумуса возрастает теплоемкость почвы. Это приводит к тому, что в летние месяцы значительно сокращается бесполезное испарение воды, особенно в жаркие дневные часы, а следовательно, снижается губительное действие засухи на растения.

Для интенсивного использования орошаемых земель необходимо возделывать сорта яровой пшеницы с урожайностью не ниже 50—55 ц/га. По сравнению с экстенсивными сортами они быстрее потребляют элементы минерального питания, обладают прочной соломиной, при поливах не полегают, не поражаются ржавчиной. Наличие короткого стебля и листьев, расположенных под острым углом, способствует созданию оптимальных условий для аккумуляции солнечной энергии. У таких растений процесс фотосинтеза осуществляется с высоким коэффициентом накопления органической массы, снижаются затраты пластических веществ на дыхание, повышается чистая продуктивность фотосинтеза и, следовательно, возрастает урожай. В этих посевах формируются оптимальные площадь листьев и фотосинтетический потенциал.

По обобщенным данным, территорию Нижнего Дона, Нижнего Поволжья и Северного Кавказа в целях определения режимов орошения яровой пшеницы по почвенно-климатическим условиям делят на следующие зоны:

I — Нижнее Поволжье (Астраханская область) до Верхнего Баскунчака, Восточная часть Калмыцкой АССР;

II — Нижнее Поволжье от Верхнего Баскунчака до Волгограда, центральные районы Калмыцкой АССР;

III — западная часть Волгоградской области, восточные районы Ростовской области и Ставропольского края, северо-восточные районы Дагестанской АССР;

IV — северные, юго-восточные районы Ростовской области, северные и северо-восточные — Ставропольского края, северные — Чечено-Ингушской АССР, восточные — Кабардино-Балкарской АССР и Северо-Осетинской АССР, северо-восточные районы Дагестанской АССР;

V — приазовские и южные районы Ростовской области, северные и центральные — Краснодарского края, северо-западные —

Ставропольского края, центральные и юго-восточные районы Дагестанской АССР;

VI — южные районы Краснодарского и Ставропольского краев, предгорные районы автономных республик Северного Кавказа.

В таблице 54 приведены некоторые показатели климата этих зон.

54. Влаго- и теплообеспеченность зон возделывания яровой пшеницы

Зона	Осадки, мм		Сумма температур выше 10°C, °C	Период с температурой выше 5°C, дн.	Коэффициент водопотребления, м³/т	Оросительная норма, м³/га
	за год	за апрель—сентябрь				
I	175	104	3519	216	950	2500
II	256—298	163	3240—3473	202—217	950	2500
III	334—371	213—240	3154—3502	193—224	950	2400
IV	400—481	244—307	3033—3547	192—261	900	2110
V	430—596	210—327	3193—3485	216—244	850	2050
VI	Более 600	330—504	3337—3385	217—243	700	1300

По рекомендациям научных учреждений оросительные нормы здесь составляют 1250—2140 м³/га (табл. 55), коэффициенты водопотребления — 700—950 единиц. При этих показателях за счет поливной воды можно получить от 18 (1250 ц/га воды: 700) до 33 (3140 ц/га воды: 950) ц/га зерна яровой пшеницы. Остальная часть урожая формируется за счет осадков вегетационного периода и продуктивной влаги, содержащейся в почве перед посевом.

55. Расчетные оросительные нормы яровой пшеницы в Поволжье, м³/га (по С. И. Костину)

Метеостанция	50%-ная обеспеченность почвы влагой			75%-ная обеспеченность почвы влагой		
	общая оросительная норма	в том числе при		в том числе при		
		влагозарядковом поливе	вегетационных поливах	общая оросительная норма	влагозарядковом поливе	вегетационных поливах
1	2	3	4	5	6	7

Саратовская область

Маркс	2080	800	1280	2502	800	1702
Пугачев	2020	800	1220	2423	800	1623
Хвалынский	1600	600	1000	1930	600	1330
Черкасское	1530	600	930	1837	600	1237

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
Совхоз «Федоровка»	2020	800	1220	2423	800	1623
Ершов	2240	800	1440	2715	800	1915
Перелюб	1980	800	1180	2369	800	1569
Озинки	2580	1000	1580	3101	1000	2101
Ртищево	1180	600	580	1371	600	771
Новоузенск	2770	1000	1770	2556	1000	1556
Балашов	1450	600	850	1731	600	1131
Петровск	1250	600	650	1465	600	865
Аткарск	1370	600	770	1624	600	1024
Красный Кут	2990	1000	1990	3647	1000	2647

Куйбышевская область

Кротовка	1660	600	1060	2010	600	1410
Марьевка	1710	600	1110	2076	600	1476
Безенчук	1690	600	1090	2050	600	1450
Зерносовхоз имени Ленина	1740	700	1040	2083	700	1383
Большая Глушица	2000	700	1300	2429	700	1729
Серноводск	1530	700	830	1804	700	1104

Волгоградская область

Клетская	2150	1000	1150	2530	1000	1530
Котельниково	2400	1000	1400	2682	1000	1682
Иловая	2330	1000	1330	2769	1000	1769
Дубовка	2520	1000	1520	3022	1000	2022
Быково	2690	1000	1690	3248	1000	2248
Костычевка	2470	1000	1470	2955	1000	1955
Новоаннинский	1450	600	850	1731	600	1131
Рудня	1700	600	1100	2063	600	1463
Палласовка	2590	1000	1590	3115	1000	2115
Эльтон	2980	1000	1980	3633	1000	2633
Нижний Чир	1760	800	960	2077	800	1277

Калмыцкая АССР

Элиста	2400	1000	1400	2862	1000	1862
Аршань-Зельмень	2590	1000	1590	3115	1000	2115
Юста	3140	1000	2140	3846	1000	2846
Комсомольск	2850	1000	1850	3461	1000	2461
Башанта	1640	800	840	1970	800	1170
Утта	2990	1000	1990	3647	1000	2647

Астраханская область

Черный Яр	2740	1000	1740	3314	1000	2314
Верхний Баскунчак	3140	1000	2140	3846	1000	2846
Харабали	3120	1000	2120	3820	1000	2820
Капустин Яр	2680	1000	1680	3234	1000	2234
Астрахань	2940	1000	1940	3580	1000	2580

Оренбургская область

Бугуруслан	1580	700	880	1870	700	1170
Бузулук	1860	700	1160	2243	700	1543
Новосергеевка	1950	700	1250	2363	700	1663

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

В зависимости от влагообеспеченности посевов нужно определить нормы высева и фитометрические показатели ценозов различной продуктивности. Какие заданные параметры необходимы для расчета нормы высева и какова последовательность расчета? Например, 30 ц/га зерна яровой пшеницы можно программировать при следующих показателях: при выходе зерна с одного колоса — 0,65 г, числе колосьев на 1 м² к уборке — 461,5 (30 ц/га : 0,65 г), продуктивной кустистости — не менее 1,25, количестве растений на 1 м² перед уборкой — 369,2 (461,5 : 1,25), общей выживаемости семян и растений к уборке — 80%, норме высева — 4,61 млн. всхожих семян/га (369,2 растений/м² : 80% · 100% = 461 зерно/м²) (табл. 56). Для получения 50 ц/га зерна яровой пшеницы необходимо высеять 5,74 млн. всхожих семян/га, что на 1,13 млн. семян больше, чем для урожая 30 ц/га зерна.

56. Модель посевов яровой пшеницы различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Выход зерна с колоса, г	0,6	0,6	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,75	0,8	0,8
Количество продуктивных колосьев на 1 м ² , шт.	250	333	385	461	500	571	600	667	687	750
Продуктивная кустистость	1,20	1,20	1,25	1,25	1,30	1,30	1,35	1,35	1,35	1,40
Количество растений на 1 м ² к уборке, шт.	208	278	308	369	385	439	444	494	509	536
Общая выживаемость семян и растений, %	65	70	75	80	82	84	84	86	88	90
Норма высева, млн. всхожих семян/га	3,20	3,97	4,10	4,61	4,69	5,23	5,29	5,74	5,79	5,95

Урожаю 30 ц/га зерна должен соответствовать сбор абсолютно сухой биомассы 69 ц/га (30 ц/га · 2,3 части). При выходе 1,9 кг зерна на 1 тыс. единиц ФП посевы к концу вегетации должны сформировать фотосинтетический потенциал, равный 1579 тыс. м²/га·дн. (30 ц/га : 1,9 кг/тыс. единиц ФП). На 1 тыс. единиц придется 4,37 кг сухой биомассы растений (69 ц/га : 1579 тыс. единиц ФП). Если период вегетации яровой

пшеницы принять равным 100 дням (май, июнь, июль, первая декада августа), то посевы будут иметь среднюю площадь листьев 15,79 тыс. м²/га ($L_{\text{ср}} = 1579 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.} : 100 \text{ дн.}$). В фазу колошения — цветения растений они достигнут максимальной площади листьев 26,4 тыс. м²/га (табл. 57). Для урожая выше 60 ц/га зерна эти показатели увеличиваются.

57. Фитометрические показатели посевов яровой пшеницы различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай абсолютно сухой массы, ц/га									
	34,5	46,0	57,5	69,0	80,5	92,0	103,5	115,0	126,5	138,0
Выход зерна на 1 тыс. единиц ФП, кг	1,85	1,85	1,90	1,90	1,95	1,95	2,0	2,0	2,05	2,05
Выход биомассы на 1 тыс. единиц ФП, кг	4,26	4,26	4,37	4,37	4,48	4,48	4,60	4,60	4,71	4,71
Фотосинтетический потенциал посева, тыс. м ² /га·дн.	810,8	1081	1316	1579	1795	2051	2250	2500	2683	2927
Средняя площадь листьев, тыс. м ² /га	8,11	10,81	13,16	15,79	17,95	20,51	22,5	25,0	26,83	29,27
Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	16,8	20,0	23,2	26,4	29,6	32,8	36,0	39,2	42,4	45,6

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Систему удобрений на запрограммированный урожай яровой пшеницы разрабатывают в соответствии с фитометрическими показателями посевов и накоплением биомассы в течение вегетации: на неорошаемых землях — на урожай, рассчитанный по влагозапасам, на орошаемых — на потенциальную продуктивность возделываемого сорта или на тот уровень урожая, который будет обеспечен по материально-техническому показателю хозяйства.

Яровая пшеница на формирование 1 ц зерна затрачивает 3,4 кг азота, 0,85 — фосфора и 0,75 кг калия; на 1 ц соломы — соответственно 0,67; 0,3 и 1,0 кг. По этим показателям рассчитывают вынос питательных веществ на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы (табл. 58).

Как определить урожай по обеспеченности хозяйства минеральными удобрениями? Например, в хозяйстве имеется такое количество туков, которого хватит для внесения на каждый гектар пашни по 285 кг NPK. Для яровой пшеницы в этом количестве NPK должно содержаться азота 161 кг/га (285 кг/га : 1,77, из

58. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае яровой пшеницы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	3,40	0,85	0,75	5,00
в соломе	0,67	0,30	1,00	1,97
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы, кг	4,27	1,24	2,05	7,56
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,29	0,48	1,77
фосфор » » 1	3,443	1,00	1,653	6,096
калий » » 1	2,083	0,605	1,00	3,688
в процентах	56,48	16,40	27,12	100

табл. 58), если азот в соотношении питательных веществ принят за единицу), фосфора — 46,7 (161 кг/га·0,29), калия — 77,3 кг/га (161 кг/га·0,48). Эти показатели можно рассчитать по формулам

$$D_N = D_{д.в.} : a_y; D_{P_2O_5} = D_N K_P; D_{K_2O} = D_N K_K, (28, 29, 30)$$

где D_N , $D_{P_2O_5}$, D_{K_2O} — нормы азота, фосфора и калия, кг/га;

a_y — сумма частей в соотношении NPK в урожае;

K_P и K_K — коэффициенты соотношений фосфора и калия в урожае (см. табл. 58).

Например, $D_N = 285$ кг/га : 1,77 = 161 кг/га N; $D_{P_2O_5} = 161$ кг/га·0,29 = 46,7 кг/га P_2O_5 и $D_{K_2O} = 161$ кг/га·0,48 = 77,3 кг/га K_2O .

В первый год из минеральных удобрений яровая пшеница использует 60% азота, 30 — фосфора и 70% калия (эти показатели уточняют по зонам и почвам). При указанных коэффициентах растениями будет усвоено 96,6 кг/га азота (161 кг/га·0,6), 14 — фосфора (46,7 кг/га·0,3) и 54,1 кг/га калия (77,3 кг/га·0,7). Чтобы определить, какой урожай зерна может быть сформирован по каждому элементу питания, возможный вынос из удобрений делат на вынос 1 ц продукции. По азоту удобрений можно ожидать получения урожая 22,6 ц/га (96,6 кг/га : 4,27 кг/ц), по фосфору — 11,3 (14 кг/га : 1,24 кг/ц) и по калию — 26,4 ц/га (54 кг/га : 2,05 кг/ц). Для эффективного использования азотных и калийных удобрений норму фосфора необходимо увеличить в 2 раза, т. е. довести до 93,4 кг/га (46,7 кг/га·2), чтобы урожай по этому элементу был на уровне, который обеспечивает азот удобрения (93,4 кг/га P_2O_5 ·0,3 : 1,24 = 22,6 ц/га по P_2O_5 удобрения). Следовательно, по нормам удобрений можно программировать урожай зерна яровой пшеницы 22,6 ц/га.

59. Возможный урожай зерна яровой пшеницы в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %																			
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35				
3	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	7,0	7,2	7,4				
4	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,1	8,4	8,7	9,0	9,3	9,6	9,9				
5	7,0	7,4	7,7	8,1	8,4	8,7	9,2	9,5	9,8	10,2	10,5	10,9	11,2	11,6	11,9	12,3				
6	8,4	8,9	9,3	9,7	10,1	10,5	11,0	11,4	11,8	12,2	12,6	13,1	13,5	13,9	14,3	14,8				
7	9,8	10,4	10,8	11,3	11,8	12,2	12,8	13,3	13,7	14,2	14,8	15,3	15,7	16,2	16,7	17,2				
8	11,2	11,8	12,4	12,9	13,5	14,0	14,6	15,2	15,7	16,3	16,9	17,4	18,0	18,6	19,1	19,7				
9	12,6	13,3	13,9	14,5	15,2	15,7	16,4	17,1	17,7	18,3	19,0	19,6	20,2	20,9	21,5	22,1				
10	14,0	14,7	15,5	16,1	16,9	17,5	18,2	19,0	19,6	20,3	21,1	21,8	22,5	23,2	23,9	24,6				
11	15,5	16,2	17,0	17,8	18,6	19,2	20,1	20,9	21,6	22,4	23,2	23,9	24,7	25,5	26,3	27,0				
12	16,9	17,7	18,5	19,4	20,2	21,0	21,9	22,8	23,6	24,4	25,3	26,1	27,0	27,8	28,7	29,5				
13	18,3	19,1	20,1	21,0	21,9	22,7	23,7	24,7	25,5	26,5	27,4	28,3	29,2	30,1	31,1	32,0				
14	19,7	20,6	21,7	22,6	23,6	24,5	25,6	26,6	27,5	28,6	29,5	30,5	31,5	32,5	33,4	34,4				
15	21,1	22,1	23,2	24,2	25,3	26,2	27,4	28,5	29,5	30,6	31,6	32,7	33,7	34,8	35,8	36,9				
16	22,5	23,6	24,8	25,8	27,0	28,0	29,2	30,4	31,4	32,6	33,7	34,8	36,0	37,1	38,2	39,4				
17	23,9	25,1	26,3	27,5	28,7	29,8	31,1	32,3	33,4	34,7	35,8	37,0	38,2	39,4	40,6	41,8				
18	25,3	26,6	27,8	29,1	30,4	31,5	32,9	34,1	35,4	36,7	37,9	39,2	40,5	41,7	43,0	44,3				
19	26,7	28,1	29,4	30,7	32,1	33,2	34,7	36,0	37,3	38,7	40,0	41,3	42,7	44,0	45,4	46,7				
20	28,1	29,6	31,0	32,3	33,7	35,0	36,6	37,9	39,3	40,8	42,1	43,5	45,0	46,4	47,8	49,2				
21	29,5	31,1	32,5	33,9	35,4	36,7	38,4	39,8	41,3	42,8	44,2	45,7	47,2	48,7	50,2	51,6				
22	30,9	32,5	34,1	35,5	37,1	38,5	40,2	41,7	43,2	44,8	46,4	47,9	49,5	51,0	52,6	54,1				
23	32,3	34,0	35,6	37,2	38,8	40,3	42,0	43,6	45,2	46,9	48,5	50,1	51,8	53,3	54,9	56,5				
24	33,7	35,5	37,1	38,8	40,5	42,0	43,8	45,5	47,2	48,9	50,6	52,3	54,0	55,6	57,3	59,0				
25	35,1	36,9	38,7	40,5	42,2	43,8	45,8	47,4	49,2	51,0	52,8	54,5	56,3	57,9	59,7	61,5				

60. Возможный урожай зерна яровой пшеницы в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
3	3,6	4,3	5,1	5,8	6,5	7,2	8,0	8,7	9,4	10,2	10,9	11,6	12,3	13,1	13,8	14,5	
4	4,8	5,8	6,8	7,7	8,7	9,7	10,6	11,6	12,6	13,5	14,5	15,5	16,4	17,4	18,4	19,3	
5	6,0	7,2	8,5	9,7	10,9	12,1	13,3	14,5	15,7	16,9	18,1	19,3	20,6	21,8	23,0	24,2	
6	7,2	8,7	10,2	11,6	13,1	14,5	16,0	17,4	18,9	20,3	21,8	23,2	24,7	26,1	27,6	29,0	
7	8,5	10,2	11,8	13,5	15,2	16,9	18,6	20,3	22,0	23,7	25,4	27,1	28,8	30,5	32,2	33,9	
8	9,7	11,6	13,5	15,5	17,4	19,3	21,3	23,2	25,2	27,1	29,0	31,0	32,8	34,8	36,8	38,7	
9	10,9	13,1	15,2	17,4	19,6	21,8	23,9	26,1	28,3	30,5	32,7	34,8	37,0	39,2	41,4	43,5	
10	12,1	14,5	16,9	19,3	21,8	24,2	26,6	29,0	31,4	33,9	36,3	38,7	41,1	43,5	46,0	48,4	
11	13,3	16,0	18,6	21,3	23,9	26,6	29,3	31,9	34,6	37,2	39,9	42,6	45,2	47,9	50,6	53,2	
12	14,5	17,4	20,3	23,2	26,1	29,0	31,9	34,8	37,7	40,6	43,5	46,4	49,3	52,2	55,2	58,1	
13	15,7	18,9	22,0	25,2	28,3	31,4	34,6	37,7	40,9	44,0	47,2	50,3	53,5	56,6	59,7	62,9	
14	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5	33,9	37,2	40,6	44,0	47,4	50,8	54,2	57,6	61,0	64,3	67,7	
15	18,1	21,8	25,4	29,0	32,7	36,5	39,9	43,5	47,2	50,8	54,4	58,1	61,7	65,3	68,9	72,6	
16	19,3	23,2	27,1	31,0	34,8	38,7	42,6	46,4	50,3	54,2	58,0	61,9	65,8	69,7	73,5	77,4	
17	20,6	24,7	28,8	32,9	37,0	41,1	45,2	49,3	53,5	57,6	61,7	65,8	69,9	74,0	78,1	82,2	
18	21,8	26,1	30,5	34,8	39,2	43,5	47,9	52,2	56,6	61,0	65,3	69,7	74,0	78,4	82,7	87,1	
19	23,0	27,6	32,2	36,8	41,4	45,9	50,6	55,2	59,7	64,3	68,8	73,5	78,1	82,7	87,3	91,7	
20	24,2	29,0	33,9	38,7	43,5	48,4	53,2	58,1	62,9	67,7	72,6	77,4	82,2	87,1	91,9	96,8	
21	25,4	30,5	35,6	40,6	45,7	50,8	55,9	60,9	66,0	71,1	76,2	81,3	86,4	91,4	96,5	101,6	
22	26,6	31,9	37,2	42,6	47,9	53,2	58,5	63,9	69,2	74,5	79,8	85,2	90,5	96,8	101,1	106,4	
23	27,8	33,4	38,9	44,5	50,1	55,6	61,2	66,8	72,3	77,9	83,5	89,0	94,6	100,2	105,7	111,3	
24	29,0	34,8	40,6	46,4	52,2	58,1	63,9	69,7	75,5	81,3	87,1	92,9	98,7	104,5	110,3	116,1	
25	30,2	36,3	42,3	48,4	54,4	60,5	66,5	72,6	78,6	84,7	90,7	96,8	102,8	108,9	114,9	121,0	

61. Возможный урожай зерна яровой пшеницы в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, кг/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	3,5	4,0	4,4	4,8	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0	7,5	7,9	8,3	8,8
4	4,7	5,3	5,9	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,3	10,0	10,5	11,1	11,7
5	5,8	6,6	7,3	8,0	8,8	9,5	10,3	11,0	11,7	12,4	13,2	13,9	14,7
6	7,0	7,9	8,8	9,6	10,5	11,4	12,3	13,2	14,0	14,9	15,8	16,7	17,6
7	8,2	9,2	10,3	11,2	12,2	13,3	14,3	15,4	16,3	17,4	18,5	19,5	20,5
8	9,3	10,5	11,7	12,8	14,0	15,2	16,3	17,6	18,7	19,9	21,1	22,3	23,5
9	10,5	11,8	13,2	14,5	15,8	17,1	18,4	19,8	21,1	22,4	23,7	25,0	26,4
10	11,7	13,1	14,7	16,1	17,5	19,0	20,5	22,0	23,4	24,9	26,3	27,8	29,3
11	12,8	14,5	16,1	17,7	19,3	20,9	22,6	24,2	25,8	27,3	29,0	30,6	32,2
12	14,0	15,8	17,6	19,3	21,1	22,8	24,6	26,3	28,1	29,8	31,6	33,4	35,1
13	15,2	17,1	19,1	20,9	22,8	24,7	26,6	28,5	30,4	32,3	34,2	36,2	38,0
14	16,3	18,4	20,5	22,5	24,6	26,6	28,6	30,7	32,7	34,8	36,9	39,0	41,0
15	17,5	19,7	22,0	24,1	26,3	28,5	30,7	32,9	35,1	37,3	39,5	41,7	43,9
16	18,7	21,0	23,5	25,7	28,0	30,4	32,8	35,1	37,4	39,8	42,2	44,5	46,8
17	19,8	22,4	24,9	27,3	29,8	32,3	34,9	37,3	39,8	42,3	44,8	47,3	49,8
18	21,0	22,7	26,3	29,0	31,6	34,2	36,9	39,5	42,1	44,8	47,4	50,0	52,7
19	22,2	25,0	27,8	30,6	33,3	36,1	38,9	41,7	44,4	47,3	50,0	52,8	55,6
20	23,3	26,3	29,2	32,2	35,1	38,0	40,9	43,9	46,8	49,7	52,7	55,6	58,6
21	24,5	27,6	30,7	33,8	36,9	40,0	43,0	46,1	49,2	52,2	55,3	58,4	61,5
22	25,7	28,9	32,2	35,4	38,6	41,9	45,1	48,3	51,5	54,7	57,9	61,2	64,4
23	26,8	30,3	33,6	37,0	40,3	43,8	47,2	50,5	53,9	57,2	60,6	64,0	67,4
24	28,0	31,6	35,1	38,6	42,1	45,7	49,2	52,7	56,2	59,7	63,2	66,7	70,3
25	29,2	32,9	36,6	40,2	43,8	47,6	51,2	54,9	58,5	62,2	65,9	69,5	73,2
26	30,3	34,2	38,0	41,8	45,6	49,5	53,2	57,1	60,9	64,7	68,5	72,3	76,1
27	31,5	35,5	39,5	43,5	47,4	51,4	55,3	59,3	63,2	67,2	71,1	75,1	79,0
28	32,7	36,8	41,0	45,1	49,1	53,3	57,4	61,5	65,5	69,7	73,8	77,9	81,9
29	33,8	38,2	42,4	46,7	50,9	55,2	59,5	63,7	67,9	72,1	76,4	80,7	84,9
30	35,0	39,5	43,9	48,3	52,7	57,1	61,5	65,9	70,2	74,6	79,0	83,4	87,8

Пользуясь картограммами обеспеченности почв элементами минерального питания, определяют долю урожая, который можно получить за счет эффективного плодородия почвы. При содержании 12 мг/100 г почвы легкогидролизуемого азота и 30%-ном его использовании растениями возможный урожай зерна яровой пшеницы по азоту составляет 25,3 ц/га (12 мг/100 г · 30 кг/га · 0,3 : 4,27 кг/ц, табл. 59), по фосфору при наличии 9 мг/100 г почвы и усвоении на 12% — 26,1 (9 мг/100 г · 30 кг/га · 0,12 кг/ц · 1,24, (табл. 60) и по калию при обеспеченности им почвы 18 мг/100 г и 10%-ном использовании растениями — 26,3 ц/га (18 мг/100 г · 30 кг/га · 0,1 : 2,05 кг/ц, табл. 61). Общий программируемый урожай ($Y_{\text{прог}}$) равен сумме урожаев по эффективному плодородию почвы ($Y_{\text{эф}}$) и по вносимым питательным веществам: по азоту 47,9 ц/га (22,6+25,3), по фосфору — 48,4 (22,3+26,1) и по калию — 52,7 ц/га (26,4+26,3). Следовательно, можно программировать получение 48—50 ц/га зерна. Схема определения величины программируемого урожая приведена в таблице 62.

В общем виде схема может быть выражена отношением

$$Y_{\text{прог}} = Y_{\text{у}} + Y_{\text{эф}}, \quad (31)$$

где $Y_{\text{у}} = D_{\text{НРК}} : B_1$; $Y_{\text{эф}} = PK_{\text{эф}}$.

Программируемый урожай по азоту рассчитывают по формуле

$$Y_{\text{прог}}^{\text{N}} = \left(\frac{D_{\text{д.в}}}{\alpha_{\text{у}}} K_{\text{у}} \right) : B_1 + PK_{\text{эф}}, \quad (32)$$

по фосфору:

$$Y_{\text{прог}}^{\text{P}} = (D_{\text{N}} K_{\text{P}} K_{\text{у}}) : B_1 + PK_{\text{эф}}, \quad (33)$$

по калию:

$$Y_{\text{прог}}^{\text{K}} = (D_{\text{N}} K_{\text{K}} K_{\text{у}}) : B_1 + PK_{\text{эф}}. \quad (34)$$

Например, $Y_{\text{прог}}^{\text{N}} = \left(\frac{285 \text{ кг/га}}{1,77} \cdot 0,6 \right) : 4,27 \text{ кг/ц} + (12 \text{ мг/100 г} \times 2,11 \text{ ц/га}) = 47,9 \text{ ц/га}$ зерна по азоту удобрений и почвы. $Y_{\text{прог}}^{\text{P}} = (161 \text{ кг/га} \cdot 0,29 \cdot 0,3) : 1,24 \text{ кг/ц} + (9 \text{ мг/100 г} \cdot 2,9 \text{ ц/га}) = 48,4 \text{ ц/га}$ зерна по фосфору удобрений и почвы. Фактически для получения 48 ц/га зерна требуется внести $N_{161}P_{93}K_{77}$, или 331 кг/га НРК в сумме. При этом на 1 кг НРК будет собрано по 6,83 кг зерна. В условиях орошаемого земледелия этот показатель окажется значительно выше. Здесь из удобрений используется более 80% азота, 40—45% фосфора и 90—95% калия.

В таблице 63 приведены коэффициенты эффективного плодородия почвы, рассчитанные для различных уровней использования азота, фосфора и калия.

62. Определение урожая яровой пшеницы по питательным веществам удобрений и эффективному плодородию почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Урожай по НРК удобрений			
Под посевы яровой пшеницы планируется внести питательных веществ (Д _{д.в})		285 кг/га	
Соотношение НРК в урожае (азот принят за 1) (К _Н , К _Р , К _К)	1,0	0,29	0,48
Нормы НРК, которые должны быть в общем количестве вносимых питательных веществ (Д _Н , Д _Р , Д _К), кг/га	161	46,7	77,3
Коэффициенты использования НРК удобрений (К _у)	0,60	0,30	0,70
Возможный вынос НРК из удобрений с учетом коэффициентов их использования (В _у), кг/га	96,6	14,0	54,1
Вынос НРК на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы (В ₁), кг	4,27	1,24	2,05
Возможный урожай зерна по питательным веществам удобрений (Y _у), ц/га	22,7	11,3	26,4
Доза фосфора удобрения для доведения урожая по P ₂ O ₅ до уровня по азоту, кг/га	—	46,7	—
Фактические дозы НРК (Д _{д.в}), кг/га	161	93,4	77,3
Урожай по эффективному плодородию почвы			
Содержится в почве (П), мг/100 г	12	9	18
Коэффициент использования питательных веществ почвы (К _п)	0,30	0,12	0,10
Коэффициенты эффективного плодородия почвы (К _{эф}) (из табл. 63)	2,11	2,90	2,63
Возможный урожай зерна по эффективному плодородию почвы (Y _{эф}), ц/га	25,3	26,1	26,3
Общий урожай по удобрениям и эффективному плодородию почвы (Y _{прог} = Y _у + Y _{эф}), ц/га	47,9	48,4	52,7

63. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев зерна яровой пшеницы

По азоту		По фосфору		По калию	
К _п , %	К _{эф} , ц/га	К _п , %	К _{эф} , ц/га	К _п , %	К _{эф} , ц/га
20	1,41	5	1,21	8	1,17
21	1,48	6	1,45	9	1,32
22	1,55	7	1,69	10	1,47
23	1,62	8	1,93	11	1,61
24	1,69	9	2,18	12	1,75
25	1,76	10	2,42	13	1,90
26	1,83	11	2,66	14	2,05
27	1,90	12	2,90	15	2,20
28	1,96	13	3,14	16	2,34
29	2,03	14	3,39	17	2,49
30	2,11	15	3,63	18	2,63
31	2,18	16	3,87	19	2,78
32	2,25	17	4,11	20	2,93
33	2,32	18	4,35	21	3,07
34	2,39	19	4,60	22	3,22
35	2,46	20	4,84	23	3,37

При внесении $N_{161}P_{93}K_{77}$ фактический урожай зерна оказался равным 52 ц/га, с которым отчуждено 222 кг/га азота (52 ц/га · 4,27 кг/ц), 64,5 — фосфора (52 · 1,24) и 106,6 кг/га калия (52 ц/га · 2,05 кг/ц). Доля питательных веществ почвы в общем выносе составила 108 кг/га азота (25,3 ц/га · 4,27 кг/ц), 32,4 — фосфора (26,1 · 1,24) и 53,9 кг/га калия (26,3 ц/га · 2,05 кг/ц), или 48,6% азота (108 кг/га : 222 кг/га · 100%), 50,2 — фосфора (32,4 : 64,5 · 100%) и 50,6% калия (53,9 кг/га : 106,6 кг/га · 100%) (табл. 64). Из внесенных туков было использовано 71% азота (114 кг/га : 161 кг/га · 100%), 35 — фосфора (32,1 : 93 · 100%) и 68% калия (52,7 кг/га : 77 кг/га · 100%). Баланс питательных веществ при окупаемости 1 кг NPK туков 8,1 кг зерна (52 ц/га — 25,3 ц/га = 26,7 ц/га : 331 кг/га NPK) оказался положительным.

Несмотря на то, что в основной зоне возделывания яровой пшеницы распространены черноземные почвы, отличающиеся высокими потенциальными запасами гумуса, азота, фосфора и калия (табл. 65), получение запрограммированных урожаев должно сопровождаться постоянным повышением их плодородия.

При интенсивной химизации определение баланса элементов питания в производственных условиях — один из важных факторов регулирования плодородия почв. Баланс следует рассматривать как руководство к текущему планированию почвенного плодородия. Рост урожаев ускоряет вынос питательных веществ из почвы. Поддержание потенциального плодородия почвы на прежнем уровне или дальнейшее увеличение его возможно лишь при постоянном контроле за активным балансом питательных веществ как под

64. Баланс NPK под посевами яровой пшеницы (фактический урожай 52 ц га зерна)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынесено с фактическим урожаем (В _{оо}), кг/га	222	64,5	106,6
В том числе:			
из почвы (В _п), кг/га	108	32,4	53,9
из удобрений (В _у), кг/га	114	32,1	52,7
Внесено NPK с минеральными удобрениями (Д _{д.в.}), кг/га	161	93	77
Коэффициент использования из туков (К _у)	0,71	0,35	0,68
Осталось в почве NPK удобрений, не использованных яровой пшеницей (Д _{оо}), кг/га	47	60,9	24,3

65. Запасы гумуса и питательных веществ в черноземных почвах, т/га (обобщенные данные)

Подтип чернозема	Гумус		Азот		Фосфор		Калий	
	слой почвы, см							
	0—25	0—40	0—25	0—40	0—25	0—40	0—25	0—40
Оподзо- ленный	135—185	190—260	6—9	9—14	3,7—4,8	5,4—7,0	50—60	80—92
Выщело- ченный	140—210	210—290	8—10	11—15	4,0—5,0	6,1—7,4	56—61	83—90
Типич- ный	175—260	300—350	9—12	15—18	4,5—5,2	6,6—7,8	58—67	90—100
Обычно- вен- ный	130—170	180—240	7—9	10—15	3,6—4,9	5,9—7,2	57—63	80—95
Южный (карбо- натный)	95—130	140—190	5—6	7—9	3,5—4,1	5,0—6,1	60—70	91—110

каждой культурой, так и в севообороте в целом. Обобщение экспериментальных данных показывает, что за ротацию севооборота азот минеральных удобрений используется в среднем на 60%, фосфор — на 35 и калий — на 75%; азот и фосфор органических удобрений — на 50%, калий — на 75%. Однако эти показатели изменяются в зависимости от вида удобрений, способов их внесения, почвенных условий и биологических особенностей культур. Для расчета указанных показателей необходимо знать содержание азота, фосфора и калия в полученном урожае. Организовав систематическое определение количества питательных веществ в урожае, можно ежегодно корректировать коэффициенты их использования и составлять достоверные активные балансы элементов питания как по отдельным хозяйствам, так и по природно-экономическим районам.

Данные активного баланса позволяют наиболее точно рассчитать норму минеральных удобрений в зависимости от конкретных условий и поставленной цели. Нормы удобрения, рассчитанные на получение заданного урожая в зависимости от содержания питательного вещества в почве, определяют по формуле

$$D_{д.в} = \frac{V_{об}}{K_{уп}} + \frac{(P_3 - P) K_m}{K_3 T_v}, \quad (35)$$

где $D_{д.в}$, $V_{об}$, K_m , P — те же значения, что и в формулах (11, 12);

$K_{уп}$ — коэффициент использования питательного вещества с учетом его последствий;

K_3 — коэффициент использования P_2O_5 , внесенного сверх нормы на заданный урожай;

T_v — время, за которое намечено получить заданное содержание питательного вещества в почве (лет).

Например, запрограммировано получить 50 ц/га зерна яровой пшеницы и через 10 лет повысить содержание фосфора до 12 мг/100 г почвы. Фактическое количество составляет 9 мг/100 г почвы (P). С урожаем зерна 50 ц/га яровая пшеница выносит 62 кг/га (50 ц/га : 1,24 кг/ц) P_2O_5 ($V_{об}$). Чтобы определить дозу фосфора, вынос (62 кг/га) делят на коэффициент использования его растениями из фосфорных удобрений с учетом последствий ($K_{уп}$), который достигает 50% (0,5). При этом потребуется внести 124 кг/га (62 кг/га : 0,5) P_2O_5 . Среднее содержание доступного для растений фосфора за 10 лет (T_v) нужно довести до 12 мг/100 г (P_3), т. е. увеличить на 3 мг/100 г (12—9), что соответствует 90 кг/га (3 мг · 30 кг/га). Многолетними исследованиями установлено, что 40% ($K_3 = 0,4$) фосфора, внесенного сверх нормы на заданный урожай, идет на увеличение количества фосфора в почве. Следовательно, для достижения заданного содержания фосфора за 10 лет потребуется внести 225 кг/га P_2O_5 (90 кг/га : 0,4), или по 22,5 кг/га в среднем за год при заданном урожае зерна 50 ц/га. С учетом этого количества искомая норма P_2O_5 , рассчитанная на получение запрограммированного урожая и заданного содержания фосфора в почве, будет равна 146,5 кг/га

$$D_{д.в} = \frac{62 \text{ кг/га}}{0,5} + \frac{(12 \text{ мг/100 г} - 9 \text{ мг/100 г}) \cdot 30 \text{ кг/га}}{0,4 \cdot 10 \text{ лет}} = 146,5 \text{ кг/га } P_2O_5.$$

Так же определяют норму калия.

При расчете норм удобрений на запрограммированный урожай яровой пшеницы важно знать, существенно ли изменяется вынос элементов при различных уровнях продуктивности посевов. Опыт показывает, что общий вынос возрастает с увеличением урожая яровой пшеницы, а вынос на 1 ц урожая зерна и соломы остается довольно стабильным, особенно фосфора. Поэтому последнюю величину можно использовать для расчета норм удобрений на различные заданные урожаи, приведенные в таблице 66.

66. Нормы NPK на заданный урожай яровой пшеницы, кг/га

		Программируемый урожай зерна, ц/га									
Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	15—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	
N	III	44—54	56—66	68—78	80—90	92—102	104—114	116—126	128—138	140—150	
	IV	39—44	46—56	58—68	70—80	82—92	94—104	106—116	118—128	130—140	
	V	34—39	41—46	48—58	60—70	72—82	84—94	96—106	108—118	120—130	
	VI	29—34	36—41	43—48	50—60	62—72	74—84	86—96	98—108	110—120	
P ₂ O ₅	III	24—34	36—46	48—58	60—70	72—82	84—94	96—106	108—118	120—130	
	IV	20—24	26—36	38—48	50—60	62—72	74—84	86—96	98—108	110—120	
	V	18—20	22—26	28—38	40—50	52—62	64—74	76—86	88—98	100—110	
	VI	16—18	20—22	24—28	30—40	42—52	54—64	66—76	78—88	90—100	
K ₂ O	III	20—28	30—40	42—50	52—60	62—70	72—80	82—90	92—100	102—110	
	IV	18—20	22—30	32—42	44—52	54—62	64—72	74—82	84—92	94—102	
	V	15—18	19—22	24—32	34—44	46—54	56—64	66—74	76—84	86—94	
	VI	13—15	16—19	20—24	26—34	36—46	48—56	58—66	68—76	78—86	

Так же как и вынос питательных веществ на единицу продукции, химический состав зерна и соломы относительно постоянен, за исключением аномальных лет (влажных, особенно в период уборки). Это положение можно использовать для прогнозирования качества урожая, в частности содержания белка по заданному количеству азота в зерне при целенаправленном его внесении на запрограммированный урожай. На 1 ц зерна яровая пшеница выносит 3,4 кг общего азота ($N_{\text{общ}}$), из которого примерно 90% (0,9), или 3,06 кг, составляет белковый азот ($3,4 \cdot 0,9$) (N_6). Для зерновых культур коэффициент пересчета белкового азота в белок зерна равен 5,7. Произведение его на величину белкового азота и составляет возможный уровень содержания белка в зерне ($3,06 \cdot 5,7 = 17,44\%$). Для программирования последнего ($B_{\text{п}}, \%$) можно использовать формулу

$$B_{\text{п}} = 5,13 N_{\text{общ}} \quad (36)$$

Подставив содержание общего азота в зерне яровой пшеницы (3,4%) в эту формулу, получим: $B_{\text{п}} = 5,13 \cdot 3,4\% = 17,44\%$ белка.

Определив количество общего азота в зерне перед уборкой, по формуле (36) можно до проведения специальных химических анализов узнать содержание белка в зерне яровой пшеницы. Эта формула применима и для других зерновых культур.

В целях получения урожая яровой пшеницы заданного качества в период вегетации осуществляют контроль за химическим составом растений. Минеральные удобрения, рассчитанные на программируемый урожай, вносят так, чтобы они хорошо использовались растениями в течение всей вегетации и содержание питательных веществ в надземной части растений по фазам роста и развития соответствовало бы оптимальным их количествам.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Комплекс агротехнических приемов при программировании урожая яровой пшеницы должен способствовать улучшению физических свойств почвы, регулированию теплового и водно-воздушного ее режимов, созданию наилучших условий для роста и развития растений. Необходима система учета и контроля за выполнением запрограммированных в технологической карте или в сетевом графике (рис. 2) мероприятий по каждому полю с фиксацией в контрольном журнале отклонений от них по срокам, приемам, техническому обеспечению и др. При этом учитывают специфику решений, принимаемых по возделыванию культуры. Решения могут иметь последствия, реализующиеся на протяжении ротации севооборота (повышение плодородия почв, мелиорация, известкование и др.), одного года (распределение удобрений по оптимальным срокам внесения и др.) или его части (подкормка в целях по-

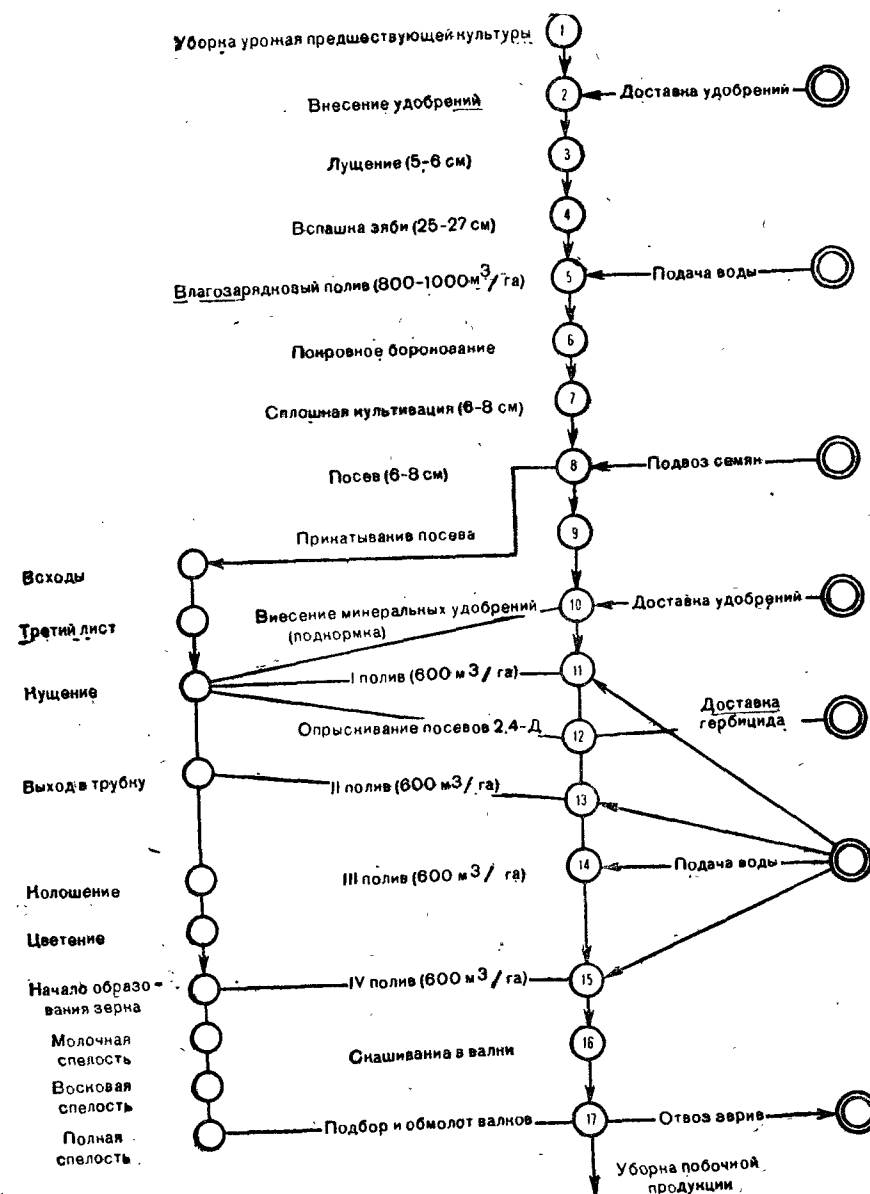


Рис. 2. Сетевой график возделывания яровой пшеницы (Волгоградский СХИ)

вышения качества зерна). Типовой документ по регистрации информации должен содержать: данные о поле и микроклимате, относительно стабильные во времени и возобновляемые ежегодно; оперативную ведомость наблюдения за формированием урожая, т. е. данные, получаемые непосредственно в период вегетации растений.

Один из важнейших элементов программирования продуктивности посевов — организация системы наблюдений, сбора, обработки и хранения получаемой информации. Только в этом случае удастся своевременно вмешиваться в процесс управления выращиванием запрограммированного урожая яровой пшеницы. Это удастся при внедрении интенсивной технологии возделывания культуры, которая базируется на эффективном использовании материально-технических ресурсов и широком применении новейших достижений науки и передовой практики. В связи с тем, что яровая пшеница возделывается в основном в зоне «рискованного» засушливого земледелия, то данная технология предполагает размещение посевов по лучшим влагообеспеченным предшественникам с обязательным применением комплекса мер по наиболее полному накоплению почвенной влаги к рациональному ее использованию.

Интенсивная технология возделывания яровой пшеницы, обеспечивающая гарантированно высокие урожаи, приведена в таблице 67.

67. Интенсивная технология возделывания яровой пшеницы в основных зонах ее размещения

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2

Сибирь, Зауралье

Предшественники	В степных районах — чистый пар, вторая культура после пара; в лесостепи — зернобобовые культуры
Основная обработка почвы	Подъем и обработку чистых паров проводят в строгом соответствии с зональными системами земледелия. В степных районах чистые пары обрабатывают плоскорезами КПШ-9 или ОПТ-3-5 в агрегате с трактором К-701 на глубину от 12—14 до 20—27 см в зависимости от типа почв. Допускается отклонение глубины обработки от заданной при глубине рыхления 8—16 см $\pm 1-2$ см, 20—30 см $\pm 3-4$ см; сохранение стерни на поверхности почвы на одну обработку соответственно 85—90 и 80—85%; диаметр комков при оптимальной влажности почвы (60% НВ) — 3—5 и 3—10 см
	На черноземных почвах лесостепи при высокой залесенности территории основную обработку почвы проводят отвальными плугами ПТК-8-35 в агрегате с трактором К-701 на глубину от 20—22 до 25—27 см

1	2
	Легкие почвы обрабатывают весной на глубину 12—14 см
	Почву, засоренную овсягом, осенью пашут боронами БИГ-3А в агрегате с трактором К-701+СП-16 на глубину 4—6 см
	На полях, засоренных пыреем, обработку проводят осенью на глубину залегания корневищ и в течение весенне-летнего периода культиваторами КТС-10-01 в агрегате с трактором Т-150К или КПЭ-3,8А в агрегате с трактором К-701+СП-16
Снегозадержание	Снегозадержание — обязательный агроприем. В Сибири расстояние между снежными валиками составляет 5 м, в районах Поволжья и Урала — 5—8 м. Его осуществляют двукратно снегозадержателем СВУ-2,6-1 в агрегате с тракторами К-701, Т-150К и ДТ-75М. Нетронутая снежная полоса между валиками при этом должна составлять 3 м
Предпосевная обработка почвы	На полях, обработанных безотвальными орудиями, почву боронуют игольчатой боронкой БИГ-3А в агрегате с трактором К-701 на глубину 4—5 см, а на отвальной зяби — зубовой боронкой ЗБЗСС-1,0 в агрегате с трактором Т-150К+СП-11 на глубину 2—3 см. Неуплотнившиеся почвы после боронования прикатывают катками ЗККШ-6А в агрегате с трактором Т-150К+СП-16
	По мере появления сорняков проводят четыре — шесть обработок боронами БМШ-15 в агрегате с трактором Т-150К или БМШ-20 в агрегате с трактором К-701 на глубину 8—10 см. Для этой цели лучше применять культиваторы КПШ-9 и КПЭ-3,8А
	Для сокращения числа механических обработок пара и сохранения влаги в почве засоренные поля обрабатывают гербицидами группы 2,4-Д (2 кг/га), используя опрыскиватели ОБТ-1А, ПОУ, ОПШ-15 или ПОМ-630 в агрегате с трактором МТЗ-82. При засорении корнеотпрысковыми сорняками 2,4-Д вносят за 2 недели до посева кулис
	Кулисы из горчицы высевают двухстрочным способом сеялками СКН-3, СЗС-2,1 в агрегате с трактором МТЗ-82 на глубину 4—5 см через каждые 8—12 м. Направление посева кулис под углом 90° к господствующим ветрам
	По пару вносят 50—60 кг/га P_2O_5 сеялкой СЗС-2,1 на глубину до 10 см, плоскорезом КПГ-2,2 — на глубину 10—18 см
	По непаровым предшественникам простые азотные удобрения вносят до посева, фосфорные — при посеве, сложные (нитрофос, нитроаммофос, аммофос) — при посеве
	Ранневесеннее боронование для закрытия влаги проводят при физической спелости почвы: на фонах с наличием растительных остатков — БИГ-3А в агрегате с трактором К-701+СП-16 на глубину 4—5 см; на отвальных фонах — ЗБЗСС-1,0 в агрегате с трактором Т-150К+СП-11

Продолжение

1	2
Посев	Для предпосевной обработки используют культиваторы КТС-10-01, КПЭ-3,8А, КПС-4, КПШ-8, а на полях, засоренных овсюгом, — лущильники ЛДГ-10, ЛДГ-15 в агрегате с боронами. Чистые от сорняков поля засевают без предпосевной обработки почвы сеялками СЗС-2,1. На отвальных фонах культивация целесообразна с одновременным боронованием на глубину посева семян (5—6 см) Подготовку семян к посеву проводят заблаговременно или перед посевом. Семена обрабатывают 75%-ным витаваксом — 2,5 кг/т или фундазолом — 3 кг/т д. в. на протравителях ПСШ-5 или ПС-10 Среднепоздние сорта в степной зоне высевают 15—23 мая на глубину 6—8 см, в лесостепной зоне — 17—22 мая на глубину 5—6 см. Норма высева — 2,5—3,5 млн. семян/га. Среднеспелые сорта в степной зоне высевают 22—27 мая, в лесостепной зоне 17—22 мая с нормой высева 3,5—4,5 млн. семян/га На посеве с оставлением колеи применяют трактор ДТ-75М в агрегате с тремя сеялками СЗ-3,6 или СЗП-3,6 на базе сцепки СП-11 или СП-16. Колея должна оставаться через каждые 10,8 м. Для первого прохода агрегата обязательно провешивается прямая линия
Уход за посевами	Борьбу с вредителями, болезнями и сорняками планируют с учетом прогноза их развития. Высокую эффективность обеспечивает интегрированная система защиты растений (табл. 68) При хорошем увлажнении для получения сильных пшениц в межфазный период конец цветения — начало налива зерна проводят некорневую подкормку 30%-ным раствором мочевины. Доза рабочего раствора — 200 л/га
Предшественники	Чистый пар, зернобобовые, многолетние травы, пропашные; для твердой пшеницы — пласт и оборот пласта многолетних трав, прежде всего бобовых
Основная обработка почвы	Чистый пар обрабатывают осенью на глубину 20—22 см плугами ПТК-9-35 или ПЛП-6-35 и агрегате с тракторами К-701 или Т-150К или плоскорезами КПГ-2-150, КПГ-250А в агрегате с трактором К-701 После озимых и зернобобовых культур проводят раннюю зяблевую обработку на глубину 28—30 см плугами ПТК-9-35 в агрегате с трактором К-701 или ПЛП-6-35 в агрегате с трактором Т-150К с последующим уходом по типу полупара. В позднелесенный период выполняют шелевание на глубину 30—35 см или полосное рыхление плоскорезами-глубокорыхлителями поперек склона

Поволжье, Южный Урал

Продолжение

1	2
	При наличии корнеотпрысковых сорняков лущат живые лущильниками ЛДГ-10 или ЛДГ-15 в агрегате с трактором Т-150К на глубину 5—7 см в двух направлениях. Повторное лущение на глубину 8—10 см проводят по мере появления розеток корнеотпрысковых сорняков с последующей вспашкой на глубину 28—30 см плугом ПЛП-6-35 в агрегате с трактором Т-150К или ПТК-9-35 в агрегате с трактором К-701. Второе лущение заменяют обработкой гербицидом 2,4-Д двойной дозой (4 кг/га) В лесостепных районах в годы с засушливой осенью лучшие результаты обеспечивает плоскорезная обработка культиваторами КПГ-2-150 или КПГ-250А в агрегате с трактором К-701 на глубину 28—30 см с предварительной обработкой почвы КПШ-9 в агрегате с трактором К-701 на глубину 12—14 см После уборки многолетних трав почву дискуют тяжелыми дисковыми боронами БДТ-7 в агрегате с трактором Т-150К или БД-10 в агрегате с трактором К-701 на глубину 6—8 см в два следа. По мере отрастания трав проводят вспашку плугами с предплужниками на глубину 28—30 см. При отрастании трав после вспашки почву культивируют или лущат. Оборот пласта с неразложившейся дерниной обрабатывают плоскорезами
Снегозадержание	В зимний период проводят снегозадержание снегозадержателем СВУ-2,6 в агрегате с трактором К-701 с расстоянием между валиками — 5—8 м. Требование: высота снежного покрова — 15 см и более; направление валиков — поперек господствующих ветров, а на сложных склонах — по спирали от центра поля.
Предпосевная обработка почвы	Предпосевная культивация почвы культиватором КПС-4 в агрегате с трактором К-701+СП-16 на глубину 6—8 см с одновременным боронованием и шлейфованием На легких по механическому составу почвах лучшие результаты обеспечивает применение культиваторов КПШ-8 или КПЭ-3,8А без шлейфования. Поля, засоренные овсюгом, целесообразно обрабатывать лущильниками ЛДГ-10 или ЛДГ-15 с одновременным боронованием
Удобрение	При размещении посевов по пару перед посевом вносят $R_{40}K_{10-20}$ машинами 1-РМГ-4 или РМС-6 в агрегате с трактором МТЗ-82. Калий применяют в основном на Урале, R_{10} — дают в рядки при посеве При размещении посевов по непаровым предшественникам под зяблевую обработку вносят R_{30-40}, под предпосевную культивацию — N_{30-40}

Продолжение

1	2
Посев	Семена высевают в оптимальные для зоны сроки. Поля, обработанные плоскорезами, засевают сеялкой СЗС-2,1, при малом количестве стерни — СЗП-3,6, особенно в первые дни сева. Сеялки оборудуют шлейфами. Глубина посева в первые два дня — 5–6 см, в последующие — 6–8 см. Норма высева в степной зоне — 3–3,5 млн. семян/га, в черноземной степной и лесостепной зонах — 4,5–5 млн. семян/га
Уход за посевами	Включает мероприятия по защите растений от сорняков, вредителей и болезней (см. табл. 68) При оптимальной влагообеспеченности в межфазный период конец цветения — начало налива зерна проводят некорневую подкормку 30%-ным раствором мочевины (200 л/га). Для этого 65 кг мочевины растворяют в 150 л воды
Уборка	В фазу восковой спелости при влажности зерна 35% скашивают в валки комбайнами «Нива», «Сибиряк», «Дон-1500» или ЖВН-6А, ЖНС-6-12, ЖВС-6. Косовицу ведут поперек посева. При достижении влажности зерна 17–19% начинают подбор и обмолот валков комбайнами. Комбайны комплектуют подборщиками ППТ-3А; 30% комбайнов оборудуют измельчителями соломы ПУН-5 Зерно транспортируют автомашинами или тракторными тележками ЗПТС-12, 1ПТС-9, 2ПТС-4-887А в агрегате с тракторами К-701 и МТЗ-82 В период и после обмолота проводят уборку соломы и первичную обработку зерна на току. КЗС, ЗАВ, КЗР с приставкой СП-10А

68. Интегрированная система защиты яровой пшеницы от вредителей, болезней и сорняков

Фаза развития	Комплекс мероприятий
1	2

До посева	Обеззараживание семян против возбудителей головни и корневых гнилей — протравливание с увлажнением (10 л воды на 1 т семян): пентатиурам — 2 кг/т, байтан — 2 кг/т, витавакс, 75%-ный с. п. — 2,5–3 кг/т, фундазол (агроцит), 50%-ный с. п. — 2,3 кг/т, гранозан — 1,5 кг/т Против овсюга вносят в почву 40%-ный к. э. триалата (2,5 кг/га) с немедленной заделкой игольчатой бороной БИГ-3 или дисковым лушильником ЛДГ-15 на глубину 4–5 см
-----------	--

Продолжение

1	2
Кушение	Борьба с личинками хлебной жужелицы, а также перезимовавшей вредной черепашкой, пядвицами и хлебными блошками. Применяют 50%-ный к. э. волатона — 1,5 кг/га; 30%-ный с. п. вофатокса — 1 кг/га; 50%-ный к. э. метафоса (метил-паратион) — 1 кг/га Для уничтожения щетинника и овсюга применяют 36%-ный к. э. иллоксана — 3,5 кг/га. Против двудольных сорняков вносят 2,4-Д, 40%-ный в. р. — 2 кг/га. Если двудольные сорняки устойчивы к 2,4-Д, то посевы опрыскивают диа-леном — 2,5 кг/га
Выход в трубку	Против корневых гнилей, ржавчины, особенно на посевах твердой пшеницы, посевы опрыскивают поликарбазином — 4 кг/га или цинебом — 4 кг/га, фундазолом — 0,5 кг/га, байлетоном — 0,5 кг/га Для уничтожения яиц и личинок пядвицы (при численности 0,5–1 личинка на 1 растение) применяют 80%-ный с. п. хлорофоса — 1–2 кг/га или 20%-ный к. э. метафоса — 1–2 кг/га
Колошение — цветение	Для повторной обработки против ржавчины при пораженности растений не более 5–10% используют 80%-ный с. п. цинеба — 4 кг/га или поликарбацин — 4 кг/га. При наличии 5–10 шт/м ² хлебных жуков и злаковых тлей применяют 80%-ный с. п. хлорофоса — 1–2 кг/га или метафоса — 1 кг/га
Молочная спелость	Против серой зерновой совки при численности 20 гусениц на 100 колосьев посевы обрабатывают 20%-ным к. э. метафоса — 1–2 кг/га или 80%-ным с. п. хлорофоса — 1–2 кг/га

Четкое соблюдение технологической дисциплины, правильное применение интегрированной системы защиты растений и удобрений обеспечивают получение запрограммированной урожайности яровой пшеницы с заданными показателями качества зерна, отвечающими требованиям сильных и ценных пшениц.

Я Ч М Е Н Ь

Интенсификация сельскохозяйственного производства требует новых представлений как об уровне продуктивности посевов ячменя, так и о самом процессе формирования урожая. На современном этапе при внедрении сортов интенсивного типа важно иметь четкое представление о взаимодействии важнейших характеристик продукционного процесса: фотосинтеза и дыхания, роста и развития растений, архитектоники посевов, их водного и теплового режимов, использования солнечной энергии, минерального

Например, в Московской области за год приход суммарной ФАР составляет в среднем 44,4 ккал/см², или 4,44 млрд. ккал/га. За вегетационный период с температурой выше 10°C суммарная радиация равна 28,6 ккал/см², или 2,86 млрд. ккал/га. Чтобы определить, какая часть суммарной радиации падает на долю вегетационного периода ячменя, суммируют приходы ее по месяцам: май (6,5) + июнь — (7,7) + июль — (7,5) = 21,7 ккал/см², или 2,17 млрд. ккал/га. Эту величину можно использовать для определения величины потенциальных урожаев.

Температура воздуха, почвы и растения всегда зависит от количества солнечной радиации, которое падает на данную площадь, поглощается земной поверхностью или посевами. Часть суммарной радиации вызывает тепловой эффект, накапливая в целом за вегетацию определенную сумму температур, которая за период вегетации ячменя составляет 1400°C. Такому количеству тепла соответствует 45—50 ккал/см² интегральной, или 20 ккал/см² (2 млрд. ккал/га) суммарной ФАР. Теплообеспеченность наряду с влагообеспеченностью и целым рядом других важных для земледелия характеристик климата используют для агроклиматического районирования территорий. Наличие данных по тепло- и влагообеспеченности, т. е. основным факторам, лимитирующим величину урожая, позволяет рассчитать действительно возможный урожай, более рационально распределить посевные площади и дифференцировать агротехнику в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода. Ожидаемые на предстоящий сезон суммы активных температур (выше 10°C) определяют по уравнению

$$\Sigma t > 10^\circ \text{C} = mD_{10\uparrow} + n, \quad (36)$$

где m и n — статистические коэффициенты, зависящие от климатических условий рассматриваемого района;

$D_{10\uparrow}$ — дата устойчивого перехода температуры выше 10°C.

В таблице 70 приведены уравнения для ряда областей республики с численными значениями статистических коэффициентов.

Таким образом, единственным элементом, знание которого необходимо для составления прогноза, является дата устойчивого весеннего перехода температуры воздуха через 10°C ($D_{10\uparrow}$). По формуле (36) рассчитывают ожидаемую сумму температур для Московской области. Здесь устойчивый переход температуры через 10°C весной отмечается 25 апреля. Подставив эту дату в уравнение (36), получим, что за активный период вегетации сумма температур составляет:

$$\Sigma t > 10^\circ \text{C} = (-16,21 \cdot 25) + 2770 = 2365^\circ \text{C}.$$

70. Уравнения для расчета сумм температур выше 10°C ($\Sigma t > 10^\circ \text{C}$) по датам перехода температуры воздуха через 10°C весной (D) (по Ф. Ф. Давитая, Ю. С. Мельнику)

Метеостанция	Месяц, на который приходится дата перехода температуры через 10°C весной	Уравнение
Псков	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -15,50D + 2672$
Ленинград	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -18,25D + 2759$
Вологда	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -11,20D + 2276$
Сыктывкар	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -15,65D + 2784$
Киров	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -12,15D + 2420$
Кострома	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -13,80D + 2555$
Клин	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -16,32D + 2602$
Починки	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -13,20D + 2502$
Москва	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -16,21D + 2770$
Коломна	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -15,81D + 2775$
Кашира	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -20,39D + 2877$
Можайск	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -17,63D + 2690$
Жиздра	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -6,82D + 2398$
Тула	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -20,34D + 2946$
Орел	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -24,61D + 3066$
Брянск	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -14,62D + 2690$
Тамбов	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -20,11D + 3138$
Заметчино	IV—VI	$\Sigma t > 10^\circ = -13,24D + 2863$
Пенза	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -26,00D + 3289$
Казань	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -18,81D + 2959$
Безенчук	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -20,56D + 3205$
Уфа	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -14,30D + 2808$
Оренбург	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -16,61D + 3191$
Ершов	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -27,30D + 3582$
Саратов	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -23,14D + 3532$
Октябрьский Городок	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -20,18D + 3294$
Воронеж	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -16,62D + 3037$
Курск	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -14,80D + 2942$
Краснодар	III—IV	$\Sigma t > 10^\circ = -15,65D + 4263$
Ставрополь	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -19,68D + 3221$
Орджоникидзе	IV—V	$\Sigma t > 10^\circ = -22,44D + 3356$

Фактическая сумма температур равна в среднем 2430 °С, что на 65 °С меньше расчетной. В подавляющем числе лет оправдываемость прогнозов оказывается вполне удовлетворительной. Исключения составляют годы, когда после наступления теплого времени наблюдается резкий возврат холодов. В таких случаях прогноз теплообеспеченности уточняют по среднемесячным температурам воздуха.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Знание сумм температур за период активной вегетации растений или за какой-либо промежуток времени необходимо для определения испаряемости влаги в данном районе. В основе этих расчетов лежит тесная зависимость между теплом и радиационным балансом (R). Последний определяют по суммам температур выше 10 °С, используя уравнение Ф. Ф. Давитая и Ю. С. Мельника

$$R = 0,0121 \Sigma t > 10^\circ \text{C} + 0,09289. \quad (37)$$

Определение радиационного баланса за период вегетации дает возможность рассчитать фотосинтетически активную радиацию, которая в среднем на 14% ниже, и испаряемость влаги (м³/га) по формуле

$$E_0 = 10^5 R : 586, \quad (38)$$

где 586 — количество тепла, необходимое для испарения 1 кг воды, ккал.

В таблице 71 приведены некоторые климатические показатели для расчета ожидаемых сумм температур, радиационного баланса и необходимого количества воды на период полевых работ. При наличии их можно заранее учесть вероятные отклонения суммарного испарения от нормы и определить возможное влияние ожидаемых условий на программируемый урожай.

Существующая в настоящее время система гидрометеорологического обслуживания сельского хозяйства недостаточна с точки зрения обеспечения работ по программированию урожая.

В первую очередь это касается необходимости сбора значительно более детальной агрометеорологической информации, поскольку методы получения запрограммированного урожая предполагают всесторонний учет условий каждого конкретного поля.

Важное значение при программировании урожая имеет также высокая оперативность в выдаче специалистам по их запросам полных агрометеорологических данных, относящихся к текущему году или к прошлым годам. Эти данные должны быть дифференцированы по отдельным полям и участкам запрограммированных посевов. При этом, помимо информации об агроклиматических параметрах, необходима быстрая выдача различных обобщенных

71. Средние многолетние величины сумм температур выше 10° ($\Sigma t > 10^\circ$), годового радиационного баланса (R), испаряемости за вегетационный период (E_0), годовых сумм осадков (X), годового стока (Y), валового увлажнения ($X - Y$), дефицита (избытка) увлажнения $[(X - Y) - E]$

и коэффициента увлажнения $\frac{X - Y}{E_0}$ (по Ф. Ф. Давитая и Ю. С. Мельнику)

Метеостанция	$\Sigma t > 10^\circ \text{C}$	R, ккал/см²	E_0 , мм	X, мм	Y, мм	(X - Y), мм	(X - Y) - E_0 , мм	$\frac{X - Y}{E_0}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вологодская область								
Бор-Судское	1520	28,4	470	720	300	420	-50	0,88
Никольск	1630	29,7	490	730	300	430	-60	0,88
Чарозеро	1550	28,8	480	760	300	460	-20	0,96
Ленинградская область								
Белогорка	1670	30,1	500	710	300	410	-90	0,82
Ефимовская	1550	28,8	480	830	300	530	50	1,10
Тихвин	1650	30,0	500	770	300	470	-30	0,94
Новгородская область								
Боровичи	1860	32,5	540	680	300	380	-160	0,70
Охоты	2730	31,0	520	700	300	400	-120	0,77
Холм	1962	33,6	560	780	250	530	-30	0,95
Псковская область								
Гдов	1910	33,0	550	730	250	480	-70	0,87
Сушево	1950	33,6	560	680	250	430	-130	0,77
Калининская область								
Максатиха	1870	32,6	540	690	250	440	-100	0,81
Осташков	1760	31,3	520	730	250	480	-40	0,92
Савелово	1890	32,9	550	720	250	470	-80	0,86
Смоленская область								
Вязьма	1890	32,9	550	740	230	510	-40	0,93
Рославль	2180	36,4	610	760	220	540	-70	0,89
Смоленск	2070	35,0	580	790	200	590	10	1,02
Московская область								
Волоколамск	1820	32,0	530	760	200	560	30	1,03
Дмитров	1920	33,2	550	720	180	540	-10	0,99
Кашира	2180	36,4	610	700	170	530	-80	0,86

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Калужская область								
Жиздра	2180	36,4	610	760	160	600	-10	0,98
Калуга	2060	35,0	580	740	170	570	-10	0,89
Малоярославец	2040	34,5	570	750	180	570	0	1,00
Тульская область								
Алексин	2020	35,5	590	700	170	530	-60	0,90
Белев	2210	36,8	610	690	160	530	-80	0,87
Рязанская область								
Елатьма	2230	37,0	620	720	170	550	-70	0,89
Ряжск	2340	38,3	630	600	160	440	-190	0,70
Тума	2160	36,2	600	680	160	520	-80	0,87
Ярославская область								
Пошехонье-Володарск	1720	30,8	510	770	230	540	30	1,06
Переславль-Залесский	1890	39,8	550	680	190	490	-60	0,89
Ярославль	1950	33,6	560	710	220	490	-70	0,88
Костромская область								
Вохма	1680	30,3	500	740	240	500	0	1,00
Кострома	1870	32,6	540	720	230	490	-50	0,91
Шарья	1790	31,8	530	740	230	510	-20	0,96
Горьковская область								
Ардатов	2160	36,1	600	690	140	550	-50	0,92
Красные Баки	2010	34,2	670	700	180	520	-50	0,91
Сергач	2280	37,6	630	610	140	470	-160	0,75
Кировская область								
Котельнич	1860	32,4	540	660	200	460	-80	0,85
Нагорское	1600	29,5	490	690	250	440	-50	0,90
Башкирская АССР								
Аксаково	2060	34,9	580	610	140	470	-110	0,91
Бакалы	2200	36,6	610	520	150	370	-240	0,61
Стерлитамак	2350	38,4	640	600	150	450	-190	0,70
Оренбургская область								
Абдулия	2380	38,8	650	500	90	410	-240	0,63
Бузулук	2530	40,6	680	480	80	400	-280	0,59
Ак-Булак	2750	43,3	720	380	50	330	-390	0,46

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тамбовская область								
Жердевка	2640	41,8	700	590	100	490	-210	0,70
Кирсанов	2530	40,5	670	580	100	480	-190	0,72
Моршанск	2400	39,0	650	630	120	510	-140	0,78
Воронежская область								
Анна	2580	41,2	680	660	80	580	-100	0,85
Богучар	2930	45,0	750	580	60	520	-230	0,69
Острогожск	2660	42,0	700	620	80	540	-160	0,77
Курская область								
Обоянь	2480	40,0	670	610	90	520	-150	0,78
Дмитриев	2410	39,1	650	720	110	610	-40	0,94
Белгородская область								
Белгород	2620	41,4	690	640	80	560	-130	0,81
Богородицкое	2490	40,0	670	610	90	520	-150	0,78
Фенино	2760	43,2	720	610	70	540	-180	0,75
Валуйки								
Куйбышевская область								
Аглос	2550	41,1	680	540	70	470	-210	0,69
Красное Поселение	2370	38,6	640	530	90	440	-200	0,69
Большая Глушица	2690	42,5	710	480	50	430	-280	0,60
Ульяновская область								
Анненково	2240	37,0	620	570	90	480	-140	0,77
Безводовка	2310	38,0	630	580	80	500	-130	0,79
Мелекес	2390	38,9	640	570	70	500	-140	0,78
Саратовская область								
Александров Гай	3110	47,5	790	370	30	340	-450	0,57
Ершов	2850	44,9	740	440	40	400	-340	0,54
Красный Кут	2910	45,2	750	420	40	380	-370	0,51
Волгоградская область								
Камышин	3140	48,0	800	460	40	420	-380	0,52
Рудня	2840	44,4	740	480	50	430	-310	0,58
Эльтон	3380	51,0	850	390	30	360	-490	0,42
Астраханская область								
Астрахань	3500	52,4	870	220	5	215	-655	0,25
Верхний Баскунчак	3490	52,3	870	330	10	320	-350	0,37

коэффициенте водопотребления 375 достаточно для получения 51,7 ц/га зерна ячменя. Следовательно, при высокой культуре земледелия программирование урожая ячменя на полях хозяйств этого региона нужно начинать с 50 ц/га зерна. При достижении величины научно обоснованного урожая можно рассчитывать на усвоение около 2% ФАР.

$$\eta = \frac{Y_{\text{пур}}}{10^4 K_m \Sigma Q} = \frac{50 \text{ ц/га} \cdot 4600 \text{ ккал/кг}}{10^4 \cdot 0,553 \cdot 21 \text{ ккал/см}^2} = 2\% \text{ ФАР.}$$

В таблице 72 приведены величины возможных урожаев зерна ячменя, рассчитанных по наличию продуктивной влаги в зоне его возделывания.

Даже при сравнительно высоком урожае зерна ячменя (50 ц/га) только незначительная часть энергии (2%), поглощаемой посевами, идет на фотосинтез, большая же часть ее расходуется на нагревание и транспирацию. В силу этого при образовании каждой тонны сухой массы урожая ячменя испаряется 350—600 т и более воды. В итоге на 1 га посева за период вегетации в зоне достаточного увлажнения и на орошаемых землях испаряется 3500—4000 т/га воды, что соответствует 437—500 мм осадков при условии 80%-ного их использования растениями. Значительную часть этого количества влаги при отсутствии дождей необходимо восполнять поливной водой (табл. 73).

73. Оросительные нормы ячменя

Показатель	Зона*					
	I	II	III	IV	V	VI
Товарный коэффициент водопотребления (K_r)	950	950	900	800	700	600
Оросительная норма, м ³ /га	2460	2460	2300	1960	1830	1150

* Зоны те же, что указаны в таблице 54.

При несоответствии между количеством доступной для растений влаги в почве и поглощаемой посевами энергии могут наступать сильные перегревы почвы, листьев и стеблей растений, а также задержка их роста и резкое снижение урожая.

В этих условиях, например, площадь листьев ячменя достигает 10—12 тыс. м²/га, коэффициент использования ФАР составляет не более 0,4%, а урожай зерна — не более 10 ц/га.

Регулируют водный режим посевов в неорошаемых условиях системой обработки почвы и ухода за растениями. Агротехнические мероприятия в весенний период строят таким образом, чтобы уменьшить физическое испарение (закрытие влаги, мульчирование, подготовка почвы и посев в сжатые сроки). Это вызвано тем,

что весной от схода снега до посева ячменя с пашни испаряется 30—40 мм почвенной влаги, а от посева до появления всходов — 15—25 мм, или в сумме 45—65 мм. Непроизводительные расходы влаги достигают 35%.

По данным академика И. С. Шатилова, на посевы ячменя за период от появления всходов до уборки урожая приходит 4,2 млрд. ккал/га интегральной радиации, испаряется до 250 мм воды. Затраты солнечной энергии на испарение такого количества влаги составляют 1,32 млрд. ккал/га, или 31,4% от интегральной радиации. Эти показатели можно использовать для уточнения водного баланса посевов, действительно возможных урожаев, а также для расчета фитометрических показателей посевов ячменя при различной влагообеспеченности.

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Биологический урожай ячменя с учетом элементов структуры посева определяют по формуле

$$U_{\text{биол}} = \frac{ЧКЗА}{10^4} \quad (39)$$

где Ч — количество растений при уборке;
К — продуктивная кустистость;
З — количество зерен в колосе;
А — масса 1000 зерен при стандартной влажности.

Величины максимально возможных урожаев двухрядного и многорядного ячменя и сопутствующие им показатели, рассчитанные по формуле (40), приведены в таблице 74.

74. Структура высокоурожайных посевов двухрядного и многорядного ячменя

Показатель	Посев	
	двухрядный	многорядный
Продуктивная кустистость	1,5—2	1,5—2
Количество, шт.:		
растений при уборке на 1 м ²	300—400	250—350
продуктивных стеблей к уборке на 1 м ²	600—800	500—600
колосков в колосе	21	42
зерен в колосе	21	42
Масса 1000 зерен, г	50—60	40—50
Возможный урожай зерна ($U_{\text{дву}}$), ц/га	70—110	80—120

76. Модель посевов ячменя различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Выход зерна с колоса, г	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Количество продуктивных колосьев к уборке на 1 м ² , шт.	250	312	380	440	500	560	630	690	750
Продуктивная кустистость	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	147	183	230	260	300	340	370	410	440
Общая выживаемость семян и растений к уборке (В _{общ}), %	70	70	75	75	75	75	75	75	75
Норма высева, млн. всхожих семян/га	2,10	2,61	3,10	3,50	4,0	4,5	4,9	5,5	6,0

77. Фитометрические показатели посевов ячменя различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай биомассы, ц/га								
	42	52,5	63	73,5	84	94,5	105	115,5	126
Выход зерна на 1 тыс. единиц ФП, кг	2,0	2,05	2,1	2,15	2,2	2,25	2,3	2,35	2,4
Выход биомассы на 1 тыс. единиц ФП, кг	4,20	4,30	4,42	4,51	4,62	4,72	4,83	4,93	5,04
Фотосинтетический потенциал посева (ФП), тыс. м ² /га·дн.	1000	1219	1428	1628	1818	2000	2174	2340	2500
Средняя площадь листьев (L _{ср}), тыс. м ² /га	11,11	13,7	15,86	18,09	20,2	22,22	24,15	26,0	27,78
Максимальная площадь листьев (L _{макс}), тыс. м ² /га	23,0	26,36	29,72	33,08	36,44	39,8	43,16	46,52	49,88

Большое значение в программировании урожая ячменя имеет направленность агромероприятий на получение заданного количества растений с определенными значениями фотосинтетической деятельности и продуктивности. Все показатели нужно выбирать таким образом, чтобы можно было заблаговременно рассчитать норму высева. Правильная норма высева позволяет создать определенную густоту стояния растений, которая обеспечивает формирование ассимиляционной поверхности и накопление биомассы по соответствующему графику. Агробиологический прогноз по одному элементу структуры урожая (густоте стеблестоя) и трем агрохимическим факторам (азоту, фосфору и калию) дает весьма высокую точность в разработке агрокомплекса работ, направленного на использование потенциальных возможностей растений (табл. 75).

75. Урожай ячменя в зависимости от густоты посева и агрохимических показателей почвы (по И. С. Травину)

Характер увлажнения почвы	Урожай					Отклоне- ние от програм- мирования, %
	программируемый					
	по азоту	по фосфору	по калию	по стебле- стою	фактиче- ский	
Средневлажный	34	42	48	34	33,6	1,2
Влажный	47	45	36	42	39,2	6,6

В случае программирования 50 ц/га зерна ячменя количество продуктивных колосьев к уборке должно быть 630 на 1 м². При продуктивной кустистости 1,7 к уборке необходимо сохранить 370 растений на 1 м² (630 : 1,7). Если к этому времени останется 75% высеянных семян и растений, то для получения 50 ц/га зерна на каждый гектар потребуется высеять 4,9 млн. всхожих семян (370 растений/м² : 75% · 100% = 490 всхожих семян/м²). Урожаю 30 ц/га соответствует 380 продуктивных колосьев, или 230 растений к уборке на 1 м², и 3,1 млн. всхожих семян/га, что на 1,8 млн. меньше, чем при урожае 50 ц/га (табл. 76).

Зная количество зерна, приходящегося на 1 тыс. единиц фотосинтетического потенциала, рассчитывают ФП, среднюю и максимальную площадь листьев посева. Например, установлено, что на 1 тыс. единиц ФП получают 2,25 кг зерна ячменя при урожайности 45 ц/га. Тогда ФП = 45 ц/га : 2,25 кг/тыс. единиц ФП = 2000 тыс. м²/га·дн. При длине вегетационного периода ячменя 90 дней (T_v) средняя площадь листьев составит 22,22, максимальная — 39,8 тыс. м²/га (табл. 77).

Из яровых культур ячмень — наиболее кустящееся растение. Поэтому при повышенных нормах высева густота стояния растений снижается, а при пониженных — возрастает. За счет кушения растений при повышенных нормах (6 млн. семян/га) форми-

руется 36—46% продуктивных стеблей, а при пониженных (4 млн. семян/га) — 51—57%. При посеве ячменя пониженными нормами половина продуктивных стеблей, даже в неблагоприятных по метеорологическим условиям годы, образуется за счет кушения растений. В этом проявляется способность ячменя давать более высокий урожай зерна, чем другие зерновые культуры. В отличие от озимой пшеницы в посевах ячменя преобладают дву- и многостебельные растения, которые значительно продуктивнее одностебельных. Они формируют от 63 до 78% колосоносных стеблей и обеспечивают получение 80—88% зерна от общей массы. Самые продуктивные растения, которые образуют от двух до пяти колосоносных стеблей, также наиболее устойчивы к неблагоприятным условиям вегетационного периода и формируют высокие запрограммированные урожаи при заданных нормах высева. Исследованиями ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии выявлено, что при недостаточном увлажнении (расход влаги 40—70 мм) и норме высева 5 млн. всхожих семян/га образуются сравнительно редкие стеблестой (менее 400 колосоносных стеблей/м²). Густой продуктивный стеблестой (более 800 стеблей/м²) наблюдается при норме высева более 5 млн. семян/га и хорошей влагообеспеченности растений (расход влаги 80—140 мм).

Условия увлажнения периода вегетации положены в основу определения нормы высева ячменя и полегания растений. При выпадении более 60 мм осадков за межфазный период колошение — восковая спелость в 56% случаев отмечается среднее и сильное полегание растений, менее 20 мм — полегание отсутствует. Для принятия решения о подготовке машин к уборке полегших хлебов нет необходимости в большей детализации степени полегания растений по площади. Предложена следующая шкала: отсутствие полегания растений; слабое полегание — не более чем на 30% площади; среднее — на 30—60% площади; сильное — более чем на 60% площади посева. Наиболее ранний срок составления прогноза — фаза выхода растений в трубку. В этот период используют зависимость полегания от густоты стеблестоя. Если стеблестой редкий (менее 700 стеблей/м²), то в последующие фазы существенного полегания не будет. При густоте более 700 стеблей/м² составляют прогноз (табл. 78).

78. Вероятность полегания ячменя (%) при различной густоте стеблестоя в фазу выхода в трубку (по А. Д. Пасечнику)

Густота стеблестоя (количество стеблей на 1 м ²)	Отсутствие полегания	Степень полегания, % от общей площади посева		
		1—30	31—60	61—100
<700	57	43	—	—
700—900	29	40	19	12
900—1100	12	16	23	49
1100—1300	14	14	14	58
>1300	14	0	0	86

Прогноз полегания ячменя уточняют при получении данных о запасах продуктивной влаги в слое почвы 0—50 см, измеренных через декаду после наступления фазы выхода растений в трубку. Если в этот период они составляют менее 60 мм, вероятность полегания очень мала и нет необходимости в подготовке машин к уборке полеглых посевов. При запасах влаги более 100—110 мм существует опасность полегания растений на больших площадях, особенно если в период кушения — колошения температура воздуха ожидается в пределах 12—16°C. При среднесуточной температуре воздуха более 18°C полегание в основном отсутствует. Такой прогноз необходим для успешного выполнения комплекса работ по выращиванию запрограммированного урожая ячменя.

Нормы высева и прогноз полегания ячменя уточняют также по уровню минерального питания растений, который в настоящее время почти полностью поддается регулированию. Максимальный эффект от средств химизации можно ожидать только с высокопродуктивных посевов, имеющих оптимальную структуру, а также при широком внедрении сортов интенсивного типа.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Определение питательных веществ на заданный урожай по картограммам обеспеченности почв основными элементами питания в севообороте имеет недостаток, так как при этом учитывается использование NPK удобрений, внесенных под предшественник. При высоких нормах удобрений значительная часть урожая следующей за ней культуры может сформироваться за счет остаточного количества элементов питания. Это количество NPK при расчете норм азота, фосфора и калия нужно исключить из общей потребности в них растений. В таблице 79 приведена схема расчета норм удобрений при программировании урожаев ячменя, высеваемого после озимой пшеницы.

Следовательно, для получения 45 ц/га зерна ячменя с учетом последствий внесенных под озимую пшеницу туков потребовалось N₄₇P₃₉K₂₇, или в сумме 113 кг/га NPK. При этом на 1 кг NPK можно получить 8 кг зерна ячменя (9 ц/га : 113 кг/га). Без учета последствий потребовалось бы внести N₅₉ [(112,5—80,2) : 0,55], P₆₉ [(49,1—31,9) : 0,25] и K₃₁ [(78,8—60,8) : 0,60], или в сумме 159 кг/га NPK, что на 46 кг/га (159—113) NPK больше, чем при расчете доз питательных веществ с учетом последствий. Окупаемость 1 кг NPK снизилась бы на 1,2 кг и составила бы 6,8 кг (10,9 ц/га : 159 кг/га).

Формула для расчета норм NPK с учетом последствий ранее внесенных элементов питания имеет следующий вид:

$$D_{д.в} = \frac{(UB_1) - (ПК_м K_п) - (D_{оо} K_{оо})}{K_y}, \quad (40)$$

где $D_{оо}$ — остаточное количество элемента питания, внесенного под предшественник, кг/га;

$K_{оо}$ — коэффициент использования питательного вещества в последствии.

Подставив в формулу (40) данные из таблицы 79, получим норму фосфора:

$$D_{д.в} = \frac{(45 \cdot 1,09) - (13,4 \cdot 34 \cdot 0,07) - (42,5 \cdot 0,10)}{0,25} = 39 \text{ кг/га.}$$

79. Расчет норм питательных веществ на заданный урожай ячменя (45 ц/га зерна, глубина расчетного слоя — 25 см; 1 м/100 почвы НРК=34 кг/га — K_m)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы (V ₁), кг	2,50	1,09	1,75
Общий вынос с заданным урожаем (V _{оо}), кг/га	112,5	49,1	78,8
Содержится в почве:			
кг/100 г (П)	11,8	13,4	22,1
кг/га (ПК _м)	401	456	751
Коэффициент использования из почвы (K _п)	0,20	0,07	0,08
Возможный вынос из почвы (V _п), кг/га	80,2	31,9	60,1
Остаточное количество НРК туков, не усвоенных растениями (D _{оо}), кг/га	42,5	73,7	14,3
Коэффициент использования НРК удобрений в последствии (K _{оо})	0,15	0,10	0,20
Возможный вынос из туков в последствии (V _{оо}), кг/га	6,4	7,4	1,4
Возможный вынос из почвы и туков в последствии (V _п +V _{оо}), кг/га	86,6	39,3	61,5
Необходимо внести недостающее количество с минеральными удобрениями (V _{оо} —V _п +V _{оо}), кг/га	25,9	9,8	17,3
Коэффициент использования из туков в год внесения (K _y)	0,55	0,25	0,60
Требуется внести с учетом коэффициента использования НРК туков (D _{д.в}), кг/га	47	39	27

80. Возможный урожай зерна ячменя в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	7,2	7,6	7,9	8,3	8,6	9	9,4	9,7	10,1	10,4	10,8	11,2	11,5	11,9	12,2	12,6
4	9,6	10,1	10,5	11,1	11,5	12	12,5	12,9	13,5	13,9	14,4	14,9	15,3	15,9	16,3	16,8
5	12,0	12,6	13,2	13,8	14,4	15	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,6	19,2	19,8	20,4	21,0
6	14,4	15,1	15,8	16,6	17,3	18	18,7	19,4	20,2	20,9	21,6	22,3	23,0	23,8	24,5	25,2
7	16,8	17,6	18,5	19,3	20,2	21	21,8	22,6	23,5	24,4	25,2	26,0	26,8	27,7	28,6	29,4
8	19,2	20,2	21,2	22,1	23,1	24	25,0	25,9	26,9	27,9	28,8	29,7	30,7	31,7	32,6	33,6
9	21,6	22,7	23,8	24,8	25,9	27	28,1	29,2	30,2	31,3	32,4	33,5	34,6	35,6	36,7	37,8
10	24,0	25,2	26,4	27,6	28,8	30	31,2	32,4	33,6	34,8	36,0	37,2	38,4	39,6	40,8	42,0
11	26,4	27,7	29,1	30,3	31,7	33	34,4	35,7	36,9	38,3	39,6	40,9	42,3	43,5	44,9	46,2
12	28,8	30,2	31,7	33,1	34,6	36	37,4	38,9	40,3	41,8	43,2	44,6	46,1	47,5	49,0	50,4
13	31,2	32,7	34,3	35,9	37,5	39	40,5	42,1	43,7	45,3	46,8	48,3	49,9	51,5	53,1	54,6
14	33,6	35,3	37,0	38,6	40,4	42	43,7	45,4	47,0	48,8	50,4	52,0	53,8	55,4	57,2	58,8
15	36,0	37,8	39,6	41,4	43,2	45	46,8	48,6	50,4	52,2	54,0	55,8	57,6	59,4	61,2	63,0
16	38,4	40,4	42,3	44,2	46,1	48	49,9	51,8	53,8	55,7	57,6	59,5	61,4	63,4	65,3	67,2
17	40,8	42,9	44,9	46,9	49,0	51	53,1	55,1	57,1	59,2	61,2	63,2	65,3	67,3	69,4	71,4
18	43,2	45,4	47,5	49,7	51,8	54	56,2	58,3	60,5	62,6	64,8	67,0	69,1	71,3	73,4	75,6
19	45,6	47,9	50,1	52,5	54,7	57	59,3	61,5	63,9	66,1	68,4	70,7	72,9	75,2	77,5	79,8
20	48,0	50,4	52,8	55,2	57,6	60	62,4	64,8	67,2	69,6	72,0	74,4	76,8	79,2	81,6	84,0
21	50,4	52,9	55,4	58,0	60,5	63	65,5	68,0	70,6	73,1	75,6	78,1	80,6	83,2	85,7	88,2
22	52,8	55,5	58,1	60,7	63,4	66	68,6	71,3	73,9	76,6	79,2	81,8	84,5	87,1	89,8	92,4
23	55,2	58,0	60,8	63,5	66,2	69	71,8	74,5	77,3	80,1	82,8	85,5	88,4	91,0	93,9	96,6
24	57,6	60,5	63,4	66,2	69,1	72	74,9	77,8	80,6	83,5	86,4	89,3	92,2	95,0	97,9	100,8
25	60,0	63,0	66,0	69,0	72,0	75	78,0	81,0	84,0	87,0	90,0	93,0	96,0	99,0	102,0	105,0

81. Возможный урожай зерна ячменя в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2	9,1	9,9	10,7	11,5	12,5	13,2	14,0	14,9	15,7	16,5
4	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11,0	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9	22,0
5	6,9	8,2	9,6	11,0	12,4	13,8	15,1	16,5	17,9	19,3	20,6	22,0	23,4	24,9	26,1	27,5
6	8,2	9,9	11,5	13,2	14,9	16,5	18,2	19,8	21,5	23,1	24,8	26,4	28,1	29,7	31,4	33,0
7	9,6	11,5	13,5	15,4	17,3	19,3	21,2	23,1	25,0	27,0	28,9	30,8	32,7	34,7	36,6	38,5
8	11,0	13,2	15,4	17,6	19,8	22,0	24,2	26,4	28,6	30,8	33,0	35,2	37,4	39,7	41,8	44,0
9	12,4	14,9	17,3	19,8	21,3	24,8	27,2	29,7	32,2	34,7	37,1	39,6	42,1	44,6	47,1	49,5
10	13,8	16,5	19,3	22,0	24,8	27,5	30,3	33,0	35,8	38,5	41,3	44,0	46,8	49,5	52,3	55,0
11	15,1	18,2	21,2	24,2	27,2	30,3	33,3	36,3	39,3	42,4	45,4	48,4	51,5	54,5	57,5	60,5
12	16,5	19,8	23,1	26,4	29,7	33,0	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	52,8	56,1	59,4	62,7	66,0
13	17,9	21,5	25,0	28,6	32,2	35,8	39,3	42,9	46,5	50,1	53,7	57,2	60,8	64,4	68,0	71,5
14	19,3	23,1	27,0	30,8	34,7	38,5	42,4	46,2	50,1	53,9	57,8	61,6	65,5	69,3	73,2	77,1
15	20,6	24,8	28,9	33,0	37,1	41,3	45,4	49,5	53,7	57,8	61,9	66,0	70,2	74,3	78,4	82,6
16	22,0	26,4	30,8	35,2	39,6	44,0	48,4	52,8	57,2	61,6	66,0	70,4	74,9	79,3	83,7	88,1
17	23,4	28,1	33,0	37,4	42,1	46,8	51,5	56,1	60,8	66,1	70,2	74,9	79,5	84,2	88,9	93,6
18	24,8	29,7	34,7	39,6	44,6	48,5	54,5	59,4	64,4	69,3	74,3	79,3	84,2	89,2	94,1	99,1
19	26,1	31,4	36,6	41,8	47,1	52,3	57,5	62,7	68,0	73,2	78,4	83,7	88,9	94,1	99,3	104,6
20	27,5	33,0	38,5	44,0	49,5	55,0	60,5	66,0	71,5	77,1	82,6	88,1	93,6	99,1	104,6	110,1
21	28,9	34,7	40,4	46,2	52,0	57,8	63,6	69,3	75,1	80,9	86,7	92,5	98,2	104,0	109,8	115,6
22	30,3	36,3	42,4	48,4	54,5	60,5	66,6	72,7	78,7	84,8	90,8	96,9	102,9	109,0	115,0	121,1
23	31,6	38,0	44,3	50,6	57,0	63,3	69,6	76,0	82,3	88,6	94,9	101,3	107,6	113,9	120,3	126,6
24	33,0	39,6	46,2	52,8	59,4	66,0	72,6	79,3	85,9	92,5	99,1	105,7	112,3	118,9	125,5	132,7
25	34,4	41,3	48,2	55,0	61,9	68,8	75,7	82,6	89,4	96,3	103,2	110,1	117,0	123,8	130,7	137,6

82. Возможный урожай зерна ячменя в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	4,1	4,6	5,1	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	9,3	9,8	10,3
4	5,5	6,2	6,9	7,5	8,2	8,9	9,6	10,3	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7
5	6,9	7,8	8,6	9,3	10,3	11,1	12,9	13,7	14,6	15,4	16,3	17,1	17,9
6	8,2	9,3	10,3	11,2	12,3	13,4	14,4	15,4	16,4	17,5	18,5	19,5	20,6
7	9,6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	20,4	21,6	22,7	24,0
8	11,0	12,3	13,7	15,1	16,5	17,8	19,2	20,6	21,9	23,3	24,7	26,0	27,4
9	12,3	13,9	15,4	16,9	18,5	20,0	21,6	23,1	24,7	26,2	27,9	29,3	30,8
10	13,7	15,4	17,1	18,8	20,6	22,3	24,0	25,7	27,4	29,1	30,8	32,5	34,2
11	15,1	16,9	18,8	20,7	22,6	24,4	26,4	28,3	30,2	32,0	34,0	35,8	37,6
12	16,5	18,5	20,6	22,5	24,7	26,7	28,8	30,8	32,9	35,0	37,0	39,1	41,1
13	17,9	20,0	22,3	24,3	26,7	28,9	31,2	33,4	35,7	37,9	40,1	42,3	44,5
14	19,2	21,5	24,0	26,2	28,8	31,2	33,6	36,0	38,4	40,8	43,2	45,5	47,9
15	20,6	23,1	25,7	28,2	30,8	33,4	36,0	38,6	41,1	43,7	46,3	48,8	51,4
16	21,9	24,7	27,4	30,2	32,9	35,6	38,4	41,2	43,9	46,6	49,4	52,0	54,8
17	23,3	26,2	29,2	32,0	34,9	37,8	40,8	43,8	46,6	49,5	52,5	55,3	58,2
18	24,7	27,8	30,9	33,8	37,0	40,1	43,2	46,3	49,4	52,4	55,5	58,6	61,7
19	26,0	29,3	32,6	35,7	39,0	42,3	45,6	48,9	52,2	55,3	58,6	61,8	65,1
20	27,4	30,8	34,3	37,7	41,1	44,5	48,0	51,5	54,9	58,2	61,7	65,1	68,5
21	28,8	32,4	36,0	39,5	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4	72,0
22	30,2	33,9	37,7	41,4	45,2	49,0	52,8	56,6	60,4	64,1	67,9	71,6	75,4
23	31,5	36,4	39,4	43,3	47,3	51,2	55,2	59,2	63,2	67,0	71,0	74,9	78,8
24	32,9	37,0	41,1	45,2	49,4	53,5	57,6	61,7	65,8	69,9	74,0	78,2	82,3
25	34,3	38,5	42,8	47,0	51,4	55,7	60,0	64,3	68,6	72,8	77,1	81,4	85,7
26	35,7	40,1	44,6	48,9	53,5	57,9	62,4	66,9	71,3	75,7	80,2	84,7	89,1
27	37,0	41,7	46,3	50,8	55,5	60,2	64,8	69,4	74,0	78,7	83,3	87,9	92,6
28	38,4	43,2	48,0	52,8	57,6	62,4	67,2	72,0	76,8	81,6	86,4	91,2	96,0
29	39,8	44,8	49,7	54,6	59,6	64,6	69,6	74,6	79,5	84,5	89,5	94,5	99,4
30	41,1	46,3	51,4	56,5	61,7	66,9	72,0	77,1	82,3	87,4	92,6	97,7	102,8

В этой схеме величину урожая определяли по трем статьям поступления питательных веществ: из почвы (80,2 кг/га : 2,5 кг/ц = 32,1 ц/га зерна по азоту почвы), из удобрения в последствии (6,4 кг/га : 2,5 кг/ц = 2,5 ц/га зерна за счет азота, внесенного под предшественник) и из удобрения в прямом действии (25,9 кг/га : 2,5 кг/ц = 10,4 ц/га за счет азота туков в год внесения). По трем статьям баланса азота программировали получить 45 ц/га зерна, фактически собрали по 46,4 ц/га.

Величины возможных урожаев по азоту при использовании его растениями от 20 до 35% можно определить по таблице 80. В таблицах 81 и 82 даны расчетные урожаи зерна ячменя по фосфору и калию почвы. По фосфору урожай зерна колеблется от 4,1 (3 мг/100 г · 30 кг/га · 0,05 : 1,09 кг/ц) до 137,6 (25 мг/100 г · 30 кг/га · 0,2 : 1,09 кг/ц) ц/га зерна, по калию — от 4,1 (3 мг/100 г · 30 кг/га · 0,08 : 1,75 кг/ц) до 102,8 (30 мг/100 г · 30 кг/га · 0,2 : 1,75 кг/ц) ц/га. Возможные урожаи зерна рассчитаны по формуле

$$Y_{эф} = \frac{PK_M K_n}{B_1} = \frac{B_n}{B_1} \quad (41)$$

Например, при содержании легкогидролизуемого азота 9 мг/100 г почвы (П), $K_M=30$, 28%-ном использовании этого элемента питания из почвы ($K_n=0,28$) и выносе на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы 2,5 кг N (B_1) за счет запасов почвы, или эффективного ее плодородия, будет собрано 30,2 ц/га зерна ячменя (см. табл. 80).

$$Y_{эф} = \frac{9 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,28}{2,5 \text{ кг/ц}} = \frac{75,6 \text{ кг/га}}{2,5 \text{ кг/ц}} = 30,2 \text{ ц/га.}$$

Для проверки правильности расчета пользуются коэффициентами эффективного плодородия почвы. В таблице 83 коэффициенту использования азота из почвы, равному 28%, соответствует коэффициент эффективного плодородия почвы ($K_{эф}$) 3,36 ц/га. При содержании азота 9 мг/100 г почвы урожай за счет эффективного плодородия будет равен 30,24 ц/га:

$$Y_{эф} = PK_{эф} = 9 \text{ мг/100 г} \cdot 3,36 \text{ ц/га} = 30,24 \text{ ц/га.}$$

Коэффициенту использования фосфора из почвы, равному 12%, соответствует $K_{эф}=3,3$ ц/га. При содержании P_2O_5 9 мг/100 г почвы урожай за счет этого элемента составит: $Y_{эф}=9 \text{ мг/100 г} \cdot 3,3 \text{ ц/га} = 29,7 \text{ ц/га}$. Коэффициенту использования калия из почвы, равному 19%, соответствует $K_{эф}=3,25$ ц/га и сбор зерна ячменя 29,3 ц/га (9 мг/100 г · 3,25 ц/га).

Урожай за счет эффективного плодородия почвы и последствия туков определяют по формуле

$$Y_{эф} = \frac{B_n + D_{ос} K_{ос}}{B_1} = \frac{B_n + B_{ос}}{B_1} \quad (42)$$

83. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев зерна ячменя

По азоту		По фосфору		По калию	
K_n , %	$K_{эф}$, ц/га	K_n , %	$K_{эф}$, ц/га	K_n , %	$K_{эф}$, ц/га
20	2,40	5	1,38	8	1,37
21	2,52	6	1,65	9	1,54
22	2,64	7	1,93	10	1,71
23	2,76	8	2,20	11	1,88
24	2,88	9	2,48	12	2,06
25	3,00	10	2,75	13	2,23
26	3,12	11	3,03	14	2,40
27	3,24	12	3,30	15	2,57
28	3,36	13	3,58	16	2,74
29	3,48	14	3,85	17	2,91
30	3,60	15	4,13	18	3,08
31	3,72	16	4,40	19	3,25
32	3,84	17	4,68	20	3,42
33	3,96	18	4,95	21	3,60
34	4,08	19	5,23	22	3,77
35	4,20	20	5,50	23	3,94

Пользуясь данными таблицы, рассчитывают, какая часть урожая ячменя сформировалась за счет азота почвы и последствия азотных удобрений, внесенных под озимую пшеницу. Возможный вынос азота из почвы (B_n) составляет 80,2 кг/га, осталось в почве ($D_{ос}$) после уборки озимой пшеницы 42,5 кг/га этого элемента питания, из которых около 15% ($K_{ос}=0,15$) может быть использовано растениями ячменя в последствии, или $B_{ос}=6,4$ кг/га (42,5 кг/га · 0,15). Урожай по этим статьям прихода азота равен:

$$Y_{эф} = \frac{80,2 \text{ кг/га} + (42,5 \text{ кг/га} \cdot 0,15)}{2,5 \text{ кг/ц}} = \frac{80,2 + 6,4}{2,5} = 34,6 \text{ ц/га.}$$

Фосфорные и калийные удобрения положительно влияют на повышение продуктивности последующих культур в севообороте. В зависимости от механического состава почвы последствия гранулированного суперфосфата и азотных удобрений планируют на год, порошковидного суперфосфата — на 2—3 года, фосфоритной муки — на 4—5, калийных удобрений и птичьего помета в сухом виде — на 2, органических удобрений — на 4—8, навозной жижи — на 1—2 года.

В условиях севооборота нормы удобрений определяют с учетом последствия ранее внесенных удобрений.

В таблице 84 приведены нормы удобрений под ячмень, рассчитанные с учетом примерного последствия ранее использованных удобрений, т. е. нормы NPK, вносимых только в виде туков, снижены на 10—15%.

84. Нормы NPK на заданный урожай ячменя, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га									
		15—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	
N	III	30—40	42—50	52—60	62—70	72—80	82—90	92—100	102—110	112—120	
	IV	25—30	32—42	44—52	54—62	64—72	74—82	84—92	94—102	104—112	
	V	20—25	27—32	34—44	46—54	56—64	66—74	76—84	86—96	96—104	
	VI	15—20	22—27	29—34	36—46	48—56	58—66	68—76	78—86	88—96	
	III	37—42	42—48	49—54	55—60	61—70	71—80	81—90	91—95	96—105	
P ₂ O ₅	IV	32—37	38—42	44—49	50—55	56—61	62—71	72—81	82—91	92—96	
	V	27—32	33—38	39—44	45—50	51—56	57—62	63—72	73—82	83—92	
	VI	22—27	28—33	34—39	40—45	46—51	52—57	58—63	64—73	74—83	
	III	40—44	45—49	50—55	56—61	62—72	73—83	84—94	95—105	106—110	
	IV	36—40	41—45	46—50	51—56	57—62	63—73	74—84	85—95	96—106	
K ₂ O	V	31—36	37—41	42—46	47—51	52—57	58—63	64—74	75—85	86—96	
	VI	26—31	32—37	38—42	43—47	48—52	53—58	59—64	65—75	76—86	

Для контроля за балансом питательных веществ в посевах ячменя в период вегетации определяют содержание элементов питания в растениях и при необходимости вносят удобрения. Тогда можно рассчитывать нормы удобрений на оптимальное содержание NPK в надземной массе растений (табл. 85).

85. Оптимальное содержание питательных веществ в растениях ячменя, % от абсолютно сухой массы (по В. В. Церлинг)

Фаза развития	Надземная часть			Листья		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кушение	4,7—5,0	1,2—1,8	5,0	4,7—5,0	1,2—1,8	5,0
Выход в трубку	2,3—3,8	0,9—1,0	4,6—4,9	4,7	1,2	5,0
Колошение — цветение	1,3—2,0	0,6—1,0	2,0—2,2	3,0—3,5	0,7—1,0	2,8—3,2

В зерне ячменя в среднем содержится 1,9% азота, 0,85% фосфора, 0,55% калия. С урожаем зерна 50 ц/га из почвы отчуждается 95 кг/га азота (50·1,9), 42,5 — фосфора (50·0,85) и 32,5 кг/га калия (50·0,65). Этому урожаю соответствует сбор 55 ц/га соломы (50 ц/га зерна·1,1 части соломы), в которой содержится 0,5% азота, 0,22 — фосфора и 1% калия. Урожаем соломы (55 ц/га) из почвы будет вынесено 27,5 кг/га азота (55·0,5), 12,1 — фосфора (55·0,22) и 55 кг/га калия (55·1). Зерном и соломой всего будет отчуждено 122 кг/га азота (95+27,5), 56,4 — фосфора (42,5+12,1) и 87,5 кг/га калия (32,5+55). В пересчете на 1 ц зерна это составит 2,5 кг азота (112,5 кг/га N:50 ц/га зерна), 1,09 — фосфора (54,6 кг/га P₂O₅:50 ц/га) и 1,75 кг калия (87,5 кг/га K₂O:50 ц/га) (табл. 86). В сумме на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы растения выносят 5,34 кг NPK. Если за единицу принять азот, то в общей сумме питательных веществ это соотношение должно равняться 1:0,436:0,7, которое определяют делением выноса фосфора (1,09:2,5) и калия на вынос азота (1,75:2,5). По этому соотношению устанавливают нормы питательных веществ, которые наиболее отвечают биологическим требованиям растений. В процентном отношении элементы питания в конечном урожае выражены в следующих количествах: N:P:K=46,81:20,41:32,78. Это значит, что на каждые 46,81 кг/га азота, вносимого в почву, должно быть внесено 20,41 кг/га фосфора и 32,78 — калия. Нормы питательных веществ уточняют с учетом коэффициента использования их растениями ячменя.

Цель метода программирования урожаев ячменя — осуществлять научно обоснованное оптимальное согласование основных факторов — климата, почвы, биологических особенностей растений, каждый из которых по количеству и качеству оптимизируется агротехническими приемами и строго согласуется с поступлением

86. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае ячменя

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	1,90	0,85	0,65	3,30
в соломе	0,50	0,22	1,00	1,72
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы, кг	2,50	1,09	1,75	5,34
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,436	0,70	2,136
фосфор » » 1	2,293	1,00	1,605	4,898
калий » » 1	1,429	0,623	1,00	3,051
в процентах	46,81	20,41	32,78	100

солнечной энергии по заранее заданной программе. Метод позволяет также определять урожай ячменя при отдельных ограниченных ресурсах. Последнее положение имеет весьма важное значение, поскольку часто не представляется возможным удовлетворять потребности растений во всех факторах и тогда можно программировать продуктивность посевов ячменя по лимитирующему урожаем фактору.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Расчеты показывают, что в зоне достаточного увлажнения при наличии за период вегетации ячменя 375—400 мм продуктивной влаги и коэффициенте водопотребления, равном 375, реальный урожай зерна 55—60 ц/га (см. табл. 72). Поэтому в этой зоне должна применяться такая технология возделывания культуры, которая обеспечит получение не менее 55 ц/га зерна (табл. 87).

87. Технология возделывания ячменя урожайностью 55 ц/га зерна

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2

Предшественник

Озимая пшеница или озимая рожь

Основная обработка почвы

Лучение жнивья дисковым лулильщиком ЛДГ-15 в агрегате с трактором ДТ-75М вслед за уборкой предшественника на глубину 5—7 см в двух направлениях. При появлении сорняков и падалицы (через 7—10 дней) необходима зяблевая обработка плугом ПН-4-35 в агрегате с трактором

Продолжение

1	2
	ДТ-75М на глубину от 20—22 до 25—30 см с почвоуглубителями с одновременным боронованием. По мере прорастания сорняков зябь культивируют культиватором КПС-4 на глубину 6—8 см или дискуют тяжелыми дисковыми боронами БДТ-7 в агрегате с трактором ДТ-75М. Последний агроприем может быть заменен внесением в почву гербицидов (см. табл. 88)
Предпосевная обработка почвы	Ранневесеннее боронование зяби проводят при физической спелости почвы тяжелыми боронами «Зигзаг» в два следа, лучше РВК-3, РВК-3,6 и ВИП-5,6 в агрегате с трактором ДТ-75М. Глубина обработки — 5—6 см
Удобрение	Удобрения (азот — 110 кг/га, фосфор — 91 и калий — 75 кг/га) вносят под предпосевную обработку почвы на глубину 12—15 см (лучше ленточно поперек посева). Весеннее применение исключает вымывание питательных веществ и гарантирует получение запрограммированной урожайности
Посев	Семена высевают с оставлением технологической колес сеялками СЗ-3,6 в агрегате с трактором ДТ-75М. Норма высева — 5,5 млн. семян/га, глубина посева — 5—6 см. В засушливый период одновременно почву прикатывают катками ЗККШ-6А, при достаточном количестве влаги — боронуют средними боронами
	Для посева используют высокопродуктивные районированные сорта
Уход за посевами	Проводят в оптимальные сроки и при наличии болезней, вредителей и сорняков (табл. 88). При высокой культуре земледелия и отсутствии сорняков гербициды не применяют
Уборка	Убирают урожай двухфазным способом: вначале скашивают в валки жатками ЖВН-6А, ЖНС-6-12 и ЖВС-6, затем при влажности зерна 16—18% — подбирают подборщиками ППТ-3А и обмолачивают комбайнами «Нива», «Сибиряк» и «Дон-1500». Зерно транспортируют на зерноток, очищают, при необходимости досушивают до 14%-ной влажности и закладывают на хранение

88. Интегрированная система защиты ячменя от вредителей, болезней и сорняков

Фаза развития	Комплекс мероприятий
1	2
До посева	Обработка семян против пыльной, каменной головни и корневой гнили. Для обеззараживания семян применяют 15%-ный с. п. байтана. Семена протравливают водной суспензией препарата (2 кг/т) или увлажняют (10 л воды на 1 т)

Продолжение

1	2
При посеве	Против овсюга в почву вносят 40%-ный к. э. триалата — 2—4 кг/га с заделкой в течение 5—7 мин дисковым лу- щильником ЛДГ-15 в агрегате с трактором ДТ-75М на глубину 4—5 см
После посева	Для борьбы с комплексом вредителей используют гранули- рованный 1,6%-ный фосфамид — 50 кг/га
Фаза трех листьев	Если до посева триалат не вносили, то им опрыскивают почву сразу после посева с заделкой на глубину 2—3 см. Норма расхода препарата — 2—4 кг/га
	Против однолетних двудольных и злаковых сорняков опрыскивают почву 80%-ным с. п. которана — 0,3—0,6 кг/га или 50%-ным с. п. малорана — 0,5—1 кг/га
	Посевы обрабатывают против внутрстеблевых мух 60%-ным к. э. базудина — 1,5 кг/га или 35%-ным к. э. золон — 1,5 кг/га
	Против однолетних двудольных сорняков (в том числе ус- тойчивых к 2,4-Д и 2М-4Х) посевы опрыскивают 50%-ным с. п. гезарана — 1,5—2 кг/га
	Против однолетних двудольных сорняков и одновременно внутрстеблевых мух посевы ячменя обрабатывают смесью 2,4-Д аминая соль (40%-ный в. к.) — 1,5 кг/га + метафос (20%-ный к. э.) — 1 кг/га
Кущение	В межфазный период от начала появления второго до нача- ла образования третьего листа у овсюга посевы ячменя опрыскивают 12%-ным к. э. карбина — 3,3—5 кг/га
	Против одиолетних двудольных сорняков посевы опрыски- вают 2,4-Д аминной солью (40%-ный в. к.) — 1,5—2,5 кг/га или 2,4-Д бутиловым эфиром (72%-ный техн.) — 0,4—0,7 кг/га. Лучшие результаты обеспечивает авиаопрыс- кивание
	Если в посевах ячменя произрастают сорняки, устойчивые к 2,4-Д, то против однолетних двудольных и многолетних корнеотпрысковых (виды осота) сорняков проводят опрыс- кивание 51,5%-ным к. э. лонтрела — 3—4 кг/га, 40%-ным в. р. 2М-4Х аминной соли — 2,5—4 кг/га, 40%-ным в. р. диадена — 1,9—3 кг/га, 40%-ным в. р. диапрена — 2,5—3,75 кг/га
	Если под посевы ячменя подсеяны клевер или люцерна, то проводят опрыскивание 48%-ным в. р. базарана — 2 кг/га. При этом растения клевера должны иметь один, люцер- ны — один-два тройчатых листа, а ячменя — находиться в фазе кущения
Выход в труб- ку	Против злаковой листовёртки краевые полосы посевов ячменя шириной 50—100 м обрабатывают 50%-ным к. э. метатио- на — 1 кг/га, 20%-ным к. э. метафоса — 0,5—1 кг/га или 40%-ным к. э. метафоса — 0,25—0,5 кг/га

О В Е С

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Овес формирует 90—95% урожая за счет органических ве- ществ, образующихся в процессе фотосинтеза. На долю минераль- ных веществ (азота, фосфора, калия и других макро- и микроэле- ментов) приходится всего 5—10% урожая. Рассмотрим, каково будет соотношение между органической и минеральной частями урожая при различной продуктивности посевов овса. Например, на поле собрали 15 ц/га зерна овса. В нем за счет органических веществ фотосинтеза получено 13,5—14,25 (15 ц/га·0,9 и 15 ц/га·0,95), минеральных — 1,5—0,75 (15 ц/га·0,1 и 15 ц/га·0,05) ц/га. При высокой культуре земледелия и обеспечении посевов оптимальным соотношением факторов урожая на другом поле получили 35 ц/га зерна овса, что следует считать удовлетво- рительным уровнем урожая этой культуры для большинства обла- стей Нечерноземной зоны. При этом на долю органических ве- ществ приходится 31,5—33,25 (35 ц/га·0,9 и 35 ц/га·0,95), мине- ральных — 3,5—1,75 (35 ц/га·0,1 и 35 ц/га·0,05) ц/га. Следова- тельно, эффективность работы агронома возросла в 2,33 раза (3,5 : 1,5).

Таким образом, к процессу фотосинтеза необходимо подходить с точными научно обоснованными расчетами. Это обеспечит наибо- лее полное использование растениями солнечной энергии. За пе- риод вегетации овса в районах его возделывания на каждый гектар приходится 18—26,5 ккал/см². При усвоении ФАР на 2,5% в урожае аккумулируется 45—66,25 (18 ккал/см²·2,5 и 26,5 ккал/см²·2,5) млн. ккал/га солнечной энергии.

Калорийность овса, по данным Н. Х. Жданова, составляет: зерна — 4618, колоса — 4391, стеблей — 4302, листьев — 4310, кор- ней — 3862 и целого растения — 4361 ккал/кг. При калорийности биомассы зерна и соломы, равной 4361 ккал/кг, с каждого гекта- ра можно собрать по 103,2—152 ц абсолютно сухой биомассы (45 млн. ккал/га : 4361 ккал/кг и 66,25 млн. ккал/кг : 4361 ккал/кг), в которой на 1 часть зерна приходится 1,3 части соломы, или 2,3 части в сумме. Возможный сбор абсолютно сухого зерна будет равен 44,9—66,1 ц/га, что соответствует 52,2—76,9 ц/га при 14%-ной его влажности (44,9 ц/га : 0,86 и 66,1 ц/га : 0,86).

Если соотношение зерна и соломы равно 1 : 1,3 (2,3 части), то $K_m = 0,435$ (1 : 2,3) при определении урожая сухого зерна и $K_m = 0,506$ (0,435 : 86% · 100%) при расчете возможного урожая зерна 14%-ной влажности. Если за период вегетации овса приход ФАР составляет 21 ккал/см², то в случае 1,75%-ного использования все материально-технические затраты нужно программировать для получения урожая зерна 40,2 ц/га:

$$U_{пу} = 10^4 \cdot 1,75\% \cdot 0,506 \frac{21 \text{ ккал/см}^2}{4618 \text{ ккал/кг}} = 40,2 \text{ ц/га.}$$

89. Возможный урожай зерна овса в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования, ФАР, %												
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25	3,5
18,0	9,8	14,8	19,7	24,7	29,5	34,5	39,4	44,4	49,3	54,2	59,1	64,1	69,0
18,5	10,1	15,2	20,2	25,3	30,4	35,5	40,5	45,6	50,7	55,7	60,7	65,9	70,9
19,0	10,4	15,6	20,8	26,0	31,2	36,4	41,6	46,8	52,1	57,2	62,4	67,6	72,8
19,5	10,7	16,0	21,3	26,7	32,0	37,4	42,7	48,1	53,4	58,7	64,0	69,4	74,8
20,0	10,9	16,4	21,9	27,4	32,8	38,3	43,8	49,3	54,8	60,3	65,7	71,2	76,7
20,5	11,2	16,8	22,4	28,1	33,7	39,3	44,8	50,3	56,2	61,8	67,3	73,0	78,6
21,0	11,5	17,2	23,0	28,8	34,5	40,2	45,9	51,8	57,5	63,3	69,0	74,8	80,5
21,5	11,8	17,6	23,5	29,4	35,3	41,2	47,0	53,0	58,9	64,8	70,6	76,6	82,4
22,0	12,0	18,1	24,1	30,1	36,1	42,2	48,1	54,2	60,3	66,3	72,2	78,3	84,3
22,5	12,3	18,5	24,6	30,8	36,9	43,1	49,2	55,5	61,6	67,8	73,9	80,1	86,2
23,0	12,6	18,9	25,2	31,5	37,8	44,1	50,3	56,7	63,0	69,3	75,5	81,9	88,2
23,5	12,8	19,3	25,7	32,2	38,6	45,0	51,4	57,9	64,4	70,8	77,2	83,7	90,1
24,0	13,1	19,7	26,2	32,9	39,4	46,0	52,5	59,2	65,8	72,3	78,8	85,5	92,0
24,5	13,4	20,1	26,8	33,6	40,2	47,0	53,6	60,4	67,1	73,8	80,4	87,2	93,9
25,0	13,7	20,5	27,3	34,2	41,0	47,9	54,7	61,6	68,5	75,3	82,1	89,0	95,8
25,5	13,9	20,9	27,9	34,9	41,9	48,9	55,8	62,8	69,9	76,8	83,7	90,8	97,8
26,0	14,2	21,3	28,4	35,6	42,7	49,8	56,9	64,1	71,2	78,3	85,4	92,6	99,7
26,5	14,5	21,7	29,0	36,3	43,5	50,8	58,0	65,3	72,6	79,8	87,0	94,4	101,6

В таблице 89 приведены урожаи зерна овса, рассчитанные по формуле (16). В зависимости от прихода ФАР они колеблются от 9,8 (при 18 ккал/см² и КПД ФАР 0,5%) до 101,6 ц/га (при 26,5 ккал/см² и КПД ФАР 3,5%). По этим данным после уборки урожая можно определить, с каким КПД ФАР «работали» посевы овса. Если в урожае аккумулировалось незначительное количество ФАР, то выявляют причины отличия фактических урожаев от потенциальных. Как правило, современные сорта овса отличаются активным вегетативным ростом и в условиях высокого плодородия почвы образуют загущенные посевы. Повышенный уровень питания азотом стимулирует фотосинтетическую деятельность листьев. Однако такие посевы не позволяют использовать это положительное свойство для формирования урожаев порядка 45—50 ц/га по следующим причинам. С повышением плодородия почвы возрастают фотосинтетическая активность и скорость роста листьев. Возникает нежелательная обратная связь — площадь листьев быстро превышает оптимальные показатели, режим ФАР внутри посева ухудшается, снижается газообмен и в конечном счете — урожай.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

В северных районах количество продуктивной влаги достигает 500 мм. При коэффициенте водопотребления, равном 400, возможны сборы 125 ц/га абсолютно сухой массы овса (50 тыс. ц/га : 400), или 145,3 ц/га биомассы 14%-ной влажности (125 ц/га : 86% · 100%). Этому урожаю соответствует сбор 63,2 ц/га (145,3 ц/га : 2,3 части) зерна (табл. 90). В областях Центрально-Черноземного района влагообеспеченность посевов составляет 250—300 мм, позволяя получать 31,6—37,9 ц/га зерна при $K_w = 400$. В степных районах эти показатели значительно ниже. Здесь получение урожаев культуры, заложенных в генотипе сорта, возможно только при орошении. Для овса рекомендуют те же нормы полива, что и для ячменя (см. табл. 73). При этом предварительно определяют, какая часть урожая может сформироваться за счет естественных осадков. В таблице 91 приведены действительно возможные урожаи овса в Нечерноземной зоне, рассчитанные по формуле (5).

Например, в Калининской области за период вегетации овса радиационный баланс (R) в среднем составляет 23 ккал/см². За это время (T_v) в почве накапливается 233—273 мм продуктивной для растений влаги (W), что обеспечивает получение 27—35 ц/га зерна.

$$K_p = \frac{233 \text{ мм} \cdot 9,5 \text{ декады}}{36 \cdot 23 \text{ ккал/см}^2} = 2,67 \text{ балла и}$$

$$K_p = \frac{273 \text{ мм} \cdot 10,5 \text{ декады}}{36 \cdot 23 \text{ ккал/см}^2} = 3,46 \text{ балла.}$$

90. Возможный урожай зерна овса в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K _w	Количество продуктивной для растений влаги, мм												
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
200	50,7	56,9	63,2	69,5	75,8	82,1	88,6	94,8	101,1	107,4	113,4	120,7	126,4
225	44,9	50,7	56,2	61,8	67,4	73,0	78,6	84,3	89,9	95,5	101,1	106,7	112,3
250	40,4	45,5	50,7	55,6	60,6	65,7	70,8	75,8	80,9	85,9	91,0	96,0	101,1
275	36,7	41,3	45,9	50,7	55,2	59,7	64,3	68,9	73,5	78,1	82,7	87,1	91,9
300	33,7	37,9	42,1	46,3	50,7	54,7	59,0	63,2	67,4	71,6	75,8	80,0	84,3
325	31,1	35,0	38,9	42,8	46,6	50,7	54,4	58,3	62,2	66,1	70,0	73,9	77,8
350	28,9	32,5	36,1	39,7	43,3	46,9	50,7	54,2	57,8	61,4	65,0	68,6	72,2
375	26,9	30,3	33,7	37,1	40,4	43,8	47,2	50,7	53,9	57,3	60,6	64,0	67,4
400	25,3	28,4	31,6	34,7	37,9	41,1	44,2	47,4	50,7	53,7	56,9	60,0	63,2
425	23,8	26,8	29,7	32,7	35,7	38,6	41,6	44,6	47,6	50,7	53,5	56,5	59,5
450	22,5	25,3	28,1	30,9	33,7	36,5	39,3	42,1	44,9	47,7	50,7	53,3	56,2
475	21,3	23,9	26,6	29,3	31,9	34,6	37,3	39,9	42,6	45,2	47,9	50,7	53,2
500	20,2	22,7	25,3	27,8	30,3	32,9	35,4	37,9	40,4	42,9	45,5	48,0	50,7
525	19,3	21,7	24,0	26,5	28,9	31,3	33,7	36,1	38,5	40,9	43,3	45,7	48,1
550	18,4	20,4	22,9	25,3	27,6	29,9	32,1	34,5	36,7	39,1	41,3	43,7	45,9
575	17,6	19,8	22,0	24,2	26,4	28,6	30,8	32,9	35,2	37,3	39,6	41,7	44,0
600	16,8	18,9	21,1	23,1	25,3	27,4	29,5	31,6	33,7	35,8	37,9	40,0	42,1

91. Возможный урожай зерна овса в Нечерноземной зоне

Экономический район, область, АССР	R, ккал/см ²	W, мм	T _v , декад	K _p , баллов	Урожай, ц/га		зерна	K _w
					абсолютно сухой массы	биомассы 14%-ной влажности		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Калининградская	25,5	318—330	10,0—11,0	3,460—3,955	69,2—79,1	80,5—92,0	35—40	908—825
Северо-Западный:								
Архангельская	18,5	113—120	10,5—11,5	1,780—2,075	35,6—41,5	41,4—48,3	18—21	628—571
Вологодская	19,5	145—157	10,5—11,5	2,175—2,570	43,5—51,4	50,6—59,8	22—26	659—604
Ленинградская	24,0	256—287	10,0—11,0	2,965—3,660	59,3—73,2	69,0—85,1	30—37	853—776
Мурманская	18,0	107—108	9,0—9,5	1,485—1,580	29,7—31,6	34,5—36,8	15—16	713—675
Новгородская	22,0	179—207	10,5—11,0	2,375—2,870	47,5—57,4	55,2—66,7	24—29	746—714
Псковская	22,5	214—233	10,5—11,0	2,770—3,165	55,4—63,3	64,4—73,6	28—32	764—728
Карельская АССР	19,0	120—128	9,0—9,5	1,580—1,780	31,6—35,6	36,8—41,4	16—18	750—711
Коми АССР	21,0	165—178	9,5—10,5	2,075—2,470	41,5—49,4	48,3—57,5	21—25	786—712
Центральный:								
Брянская	25,0	267—311	10,0—11,0	2,965—3,625	59,3—72,5	69,0—87,4	30—38	890—818
Владимирская	23,5	251—258	10,5—11,0	2,965—3,360	59,2—67,2	69,7—78,2	30—34	837—759
Ивановская	23,0	251—256	9,5—10,5	2,880—3,265	57,2—65,3	66,7—75,9	29—33	865—779
Калининская	23,0	233—273	9,5—10,5	2,670—3,460	53,4—69,2	62,1—80,5	27—35	863—780

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Калужская	24,5	216—246	10,5—11,0	2,570—3,065	51,4—61,3	59,8—71,3	26—31	831—793
Костромская	23,5	259—265	10,0—11,0	3,065—3,450	61,3—69,0	71,3—80,3	31—36	835—736
Московская	25,0	288—333	10,5—11,0	3,360—4,250	67,2—85,0	78,9—98,9	34—43	847—774
Орловская	25,5	281—289	10,0—11,0	3,065—3,460	61,3—69,2	71,3—80,5	31—35	906—826
Рязанская	25,5	239—276	11,0—11,5	2,860—3,160	57,2—69,2	66,7—80,5	29—35	824—788
Смоленская	24,5	224—246	10,5—11,0	2,670—3,065	53,4—61,3	62,1—71,3	27—31	830—793
Тульская	25,0	254—255	10,5—11,5	2,965—3,265	59,3—65,3	69,0—75,9	30—33	847—773
Ярославская	23,5	247—255	9,5—10,5	2,770—3,165	55,4—63,3	64,4—73,6	28—32	882—797
Волго-Вятский:								
Горьковская	24,0	279—290	9,5—10,0	3,065—3,360	61,3—67,2	71,3—78,2	31—34	900—853
Кировская	23,5	229—268	9,5—10,0	2,570—3,165	61,4—63,3	59,8—73,6	26—32	881—837
Марийская АССР	24,0	260—269	9,5—10,5	2,860—3,265	57,2—65,3	66,7—75,0	29—33	896—815
Мордовская АССР	24,5	279—291	10,0—10,5	3,165—3,460	63,3—69,2	73,6—80,5	32—35	872—831
Чувашская АССР	24,5	262—282	10,0—10,5	2,965—3,360	59,3—67,2	69,0—78,2	30—34	873—847
Уральский:								
Пермская	25,6	236—250	10,0—10,5	2,570—2,860	51,4—57,2	59,8—66,7	26—29	908—862
Свердловская	25,5	262—285	10,0—10,5	2,860—3,265	57,2—65,3	66,7—75,9	29—33	903—864
Удмуртская АССР	25,0	267—271	10,0—10,5	2,965—3,165	59,3—63,3	69,0—73,6	30—32	890—847

$У_{\text{биол}} = 2,67 \cdot 20 \text{ ц/га} = 53,4 \text{ ц/га}$ и $У = 3,46 \cdot 20 \text{ ц/га} = 69,2 \text{ ц/га}$ абсолютно сухой массы. Этому урожаю соответствует сбор 62,1 (53,4 ц/га : 86% · 100%) — 80,5 ц/га (69,2 ц/га : 86% · 10%) биомассы 14%-ной влажности, или 27 (62,1 ц/га : 2,3 части) — 35 ц/га (80,5 ц/га : 2,3 части) зерна.

При наличии данных по содержанию продуктивной для растений влаги и урожаям определяют коэффициенты водопотребления, пользуясь формулой (20). Для Калининской области они оказались равными 863—780 ц воды на 1 ц зерна:

$$K_T = \frac{100 \cdot 233 \text{ мм}}{27 \text{ ц/га}} = 863 \text{ ц и } K_T = \frac{100 \cdot 273 \text{ мм}}{35 \text{ ц/га}} = 780 \text{ ц.}$$

Урожайми 27—35 ц/га зерна овса аккумулируется 12,47 (2700 кг/га · 4618 ккал/кг) — 16,16 (3500 кг/га · 4618 ккал/кг) млн. ккал солнечной энергии, что соответствует усвоению 1,07—1,39% ФАР:

$$\eta = \frac{2700 \text{ кг/га} \cdot 4618 \text{ ккал/кг}}{10^4 \cdot 0,506 \cdot 23 \text{ ккал/см}^2} = 1,07\% \text{ и}$$

$$\eta = \frac{3500 \text{ кг/га} \cdot 4618 \text{ ккал/кг}}{10^4 \cdot 0,506 \cdot 23 \text{ ккал/см}^2} = 1,39\%.$$

С увеличением коэффициентов использования поглощаемой на фотосинтез энергии до 2,5—3% коэффициенты водопотребления снизятся до 431—390, а урожай зерна овса возрастут до 55—70 ц/га.

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

В проблеме влагообеспеченности посевов овса практически равноценна роль как факторов внешней среды (почвенно-гидрологических и агрометеорологических), так и особенностей регуляторных функций самих растений. Один и тот же сорт овса при одинаковых условиях водоснабжения, но при низком уровне минерального питания формирует посевы с максимальной площадью листьев 15—16 тыс. м²/га. При незначительной облистненности растений в посевы проникает большое количество солнечной энергии, что вызывает интенсивное испарение продуктивной влаги. Такие посевы формируют урожай зерна 13—16 ц/га. На хорошо окультуренных почвах растения овса быстро формируют листовой аппарат, величина которого к периоду выход в трубку — колосшение составляет 35—40 тыс. м²/га, и обеспечивают получение 45—50 ц/га зерна, т. е. урожай увеличивается в 3,12—3,46 раза. Коэффициент водопотребления при указанных урожаях составляет всего 200—250 ц на 1 ц абсолютно сухой биомассы. Это достигается в результате соблюдения следующих агротехнических требо-

ваний, предъявляемых к посеву: заданной нормы высева и глубины посева семян, высева семян на плотное ложе с последующим закрытием влажной рыхлой почвой, равновеликой площади питания растений, приближающейся к квадрату.

Если ранее управление фотосинтезом было направлено на выявление роли различных факторов на фотосинтетическую деятельность растений и продуктивность посевов овса, то при программировании урожая оно составляет основу расчета фитометрических параметров посевов различной продуктивности и норм высева семян. Последние определяют структуру урожая, которая, в свою очередь, является количественным и качественным выражением жизнедеятельности элементов и органов растения, обуславливающих урожай и отражающих взаимодействие организма и среды на определенных этапах роста и развития растений. Структура урожая показывает, из чего складывается его величина, за счет каких элементов и при какой доле их участия он формируется. Итовым показателем эффективности комплекса факторов следует считать получение к уборке на единице площади определенного количества растений с заданной продуктивностью. Расчет урожая следует вести по формуле

$$Y = 100CM, \quad (43)$$

где C — количество растений к уборке на 1 м^2 , шт.;
 M — масса одного растения, г.

Например, при соотношении зерна и соломы, равном $1:1,3$, продуктивной кустистости $1,4$ и массе зерна с одного растения $1,29$ г урожая зерна в 40 ц/га должны соответствовать 310 растений, или 430 продуктивных метелок на 1 м^2 (табл. 92).

92. Показатели структуры урожая овса

Урожай, ц/га			Количество на 1 м^2 , шт.		Масса, г		
зерна	соломы	биомассы	растений	метелок	одного растения	зерна с одного растения	зерна с одной метелки
30	39	69	230	320	3,00	1,30	0,94
35	45,5	80,5	270	375	2,98	1,30	0,93
40	52	92	310	430	2,97	1,29	0,93
45	58,5	103,5	350	490	2,96	1,28	0,92
50	65	115	390	550	2,95	1,28	0,91
55	71,5	126,5	430	610	2,94	1,28	0,90
60	78	138	470	670	2,94	1,28	0,90

Зерно формируется в период от оплодотворения завязей до полного налива. Если в эти фазы условия неблагоприятные, например посев очень загущен, растениям не хватает элементов питания, фотосинтез резко ослаблен из-за болезней, раннего и сильного полегания, то формируются мелкие соцветия ($0,2—0,3$ г каждое) и продуктивность таких посевов оказывается низкой ($8—10$ ц/га). При хороших условиях соцветия крупные ($0,7—0,8$ г) и посевы отличаются высокой продуктивностью ($35—40$ ц/га).

Сильное полегание растений вызывают избыточная густота посева и высокие нормы азотных удобрений. Чтобы избежать этого, рассчитывают, какой урожай овса можно обеспечить по элементам минерального питания и предполагаемой густоте стеблестоя. Если стеблестой позволяет получить урожай выше, чем элементы питания, то недостающее количество питательных веществ вносят на ту часть урожая, которая составляет разницу между продуктивностью по стеблестоя и данному элементу питания (табл. 93).

93. Урожай зерна овса по элементам питания и густоте стеблестоя в фазу кущения, ц/га

Почва	По азоту	По фосфору	По калию	По стеблестоя
Дерново-подзолистая средне-суглинистая	15	29	42	33
Серая лесная	35	20	64	35
Черноземная	36	35	72	35

На дерново-подзолистой почве для получения 33 ц/га зерна по стеблестоя посева нужно внести дополнительно азота на получение 18 ($33—15$) и фосфора — на 4 ц/га зерна ($33—29$). На серой лесной почве, обладающей большой связностью фосфора в почвенно-поглощающем комплексе, для сбора 35 ц/га зерна овса необходимо дополнительно внести фосфора на 15 ц/га ($35—20$). На черноземах питательные вещества находятся в достаточном количестве.

Перспективные урожаи овса ($70—120$ ц/га) можно получить при следующих показателях элементов продуктивности: продуктивная кустистость — $1,5—1,8$; количество растений к уборке — $400—500$; продуктивных стеблей на 1 м^2 — $600—800$; колосков в метелке — 35 ; зерен в метелке — $52—70$; масса 1000 зерен — $30—35$ г.

Кроме того, посевы с такой продуктивностью должны иметь определенные размеры ассимиляционного аппарата. Если иметь в виду, что на 1 ц зерна приходится $1,3$ ц соломы, то этим урожаям будет соответствовать сбор общей биомассы $161—267$ ($70 \cdot 2,3$ и

120-2,3) ц/га. Таких урожаев можно достичь в посевах с площадью листьев 60—100 тыс. м²/га, что практически маловероятно. Следовательно, сорта с продуктивностью 100 ц/га зерна и более должны быть короткостебельными, с соотношением зерна и соломки 1:0,8—1:0,6.

В таблице 94 приведены основные параметры посевов овса.

94. Фитометрические показатели посевов овса различной продуктивности и заданные нормы высева

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га							
	20	25	30	35	40	45	50	55
Площадь листьев, тыс. м ² /га:								
средняя ($L_{\text{ср}}$)	9,45	11,7	14,0	16,3	18,7	21,0	23,3	25,7
максимальная ($L_{\text{макс}}$)	16,8	21,0	25,2	29,4	33,6	37,8	42,0	46,2
Фотосинтетический потенциал посева (ФП), тыс. м ² /га·дн.	1040	1290	1540	1790	2060	2310	2560	2830
Выход зерна с метелки, г	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Количество продуктивных метелок к уборке на 1 м ² , шт.	220	280	330	390	440	500	550	610
Продуктивная кустистость	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	158	200	240	280	310	350	400	440
Общая выживаемость семян и растений к уборке, %	68	68	68	68	68	68	68	68
Норма высева, млн. всхожих семян/га	2,32	3,0	3,5	4,1	4,6	5,1	5,9	6,5

Гармоничное сочетание показателей фотосинтетической деятельности и структуры посевов определяет ведущую роль фотосинтеза в формировании заданных урожаев. Так, в период наиболее интенсивного роста овса суточные приросты сухой биомассы составляют 70—160 кг/га. При этом в течение суток через корни растения потребляют 0,9—2,2 кг/га азота, 0,22—0,52 — фосфора,

1,5—3 — калия и 1,8—3,7 кг/га других макро- и микроэлементов, или в сумме 4,42—9,42 кг/га питательных веществ. Одновременно с этим в течение дня растения усваивают из воздуха через листья 160—320 кг/га углекислого газа, т. е. то количество, которое содержится над гектаром посева в слое воздуха высотой 30—60 м.

В благоприятных условиях суточные приросты растений достигают 500 кг/га сухой биомассы, или усваивается 10—12 кг/га питательных веществ и до 1000 кг/га CO₂ из слоя воздуха высотой 200 м и более. Следовательно, каждому уровню урожаев соответствуют определенные затраты элементов питания.

Однако на практике при определении нормы высева не учитывают минеральное питание растений и величину заданного урожая, изменяя ее лишь в зависимости от хозяйственной годности посевного материала. Такое положение следует считать научно необоснованным и практически нецелесообразным.

Допустим, в хозяйстве программируется получить с каждого гектара по 40 ц зерна овса с общей биомассой 92 ц. Этим урожаем будет вынесено из почвы 118 кг/га (40 ц/га·2,95 кг/ц) азота, 52,4 (40 ц/га·1,31 кг/ц) — фосфора и 103,2 кг/га (40 ц/га·2,58 кг/ц) калия. При указанных выносах на 1 ц общей биомассы приходится 1,29 кг (118 кг/га N:92 ц/га) азота, 0,57 (52,4 кг/га P₂O₅:92 ц/га) — фосфора и 1,12 кг/га (103,2 кг/га K₂O:92 ц/га) калия, или в сумме 2,98 кг/га NPK. Чтобы получить 40 ц/га зерна овса, нужно высеять 4,6 млн. всхожих семян/га (см. табл. 94), внести с туками 100 кг/га азота, 85 — фосфора и 75 кг/га калия, или в сумме 260 кг/га NPK. Фактически высеяно 5,9 млн. всхожих семян/га, т. е. на получение 50 ц/га. Этому урожаю будет соответствовать вынос 147,5 кг/га (50 кг/га·2,95 кг/ц) азота, 65,5 (50·1,31) — фосфора и 129 кг/га (50 кг/га·2,58 кг/ц) калия, или в сумме 342 кг/га NPK. Под указанный урожай следовало бы внести около 150 кг/га азота, 131 — фосфора и 110 кг/га калия (в сумме 391 кг/га NPK), что на 131 кг/га больше (391—260), чем под урожай 40 ц/га. При отсутствии удобрений посев 5,9 млн. всхожих семян/га все равно не обеспечит сбора 50 ц/га зерна и вряд ли даже 40 ц/га, поскольку при наличии достаточного количества влаги при полевой всхожести семян 75% посев 5,9 млн. семян/га даст 442 всхода на 1 м² (вместо 345 при посеве 4,6 млн. всхожих семян/га). Можно предположить, что в начале вегетации сформируется такая биомасса, которая обеспечивала бы получение 50 ц/га зерна. Однако недостаток элементов питания в последующие фазы роста и развития приведет к быстрому отмиранию листьев и части стеблей, продуктивная кустистость окажется низкой, урожай невысоким, что часто наблюдается в хозяйственных посевах. При избыточном внесении туков, особенно азотных, посевы овса полегают. Вследствие этого снижается площадь листьев, ухудшаются водный, воздушный и световой режимы растений, уменьшается чистая продуктивность фотосинтеза и в результате — урожай.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Существует более 40 методов определения норм удобрений. Это говорит о том, что идеальный метод пока не найден. При внедрении интенсивного севооборота наиболее надежный метод определения норм удобрений на заданный урожай — расчет необходимого количества НРК для получения заданной прибавки урожая. При этом необходимо знать, какая часть его формируется за счет усвоения доступных для растений элементов питания почвы. Такие данные могут быть получены опытным путем, на основании результатов научных исследований, а также по картограммам обеспеченности почв НРК с учетом соответствующих коэффициентов их использования. Наиболее точные результаты дают производственные опыты.

В таблице 95 даны ориентировочные урожаи овса, которые формируются за счет эффективного плодородия почвы без дополнительных затрат на внесение удобрений.

95. Ориентировочные урожаи овса при различной обеспеченности почв питательными веществами, ц/га

Обеспеченность почв НРК	По азоту	По фосфору	По калию
Низкая	8—10	8—10	10—14
Средняя	15—20	12—22	19—29
Повышенная	20—25	22—32	29—39
Высокая	25—35	32—42	39—49

С учетом последствий удобрений величины возможных урожаев увеличиваются на 15—20% в зависимости от количества НРК, оставшегося от внесения под предшествующую культуру, а также заданного усвоения элементов питания почвы. Наиболее точные величины возможных урожаев зерна овса приведены в таблицах 96—98. Урожай зерна рассчитаны на содержание в почве 3—25 мг/100 г легкогидролизуемого азота и 20—35%-ное использование его растениями, что наблюдается обычно на различных типах почв и при разной их влагообеспеченности. При этом урожаи колеблются от 6,1 до 89 ц/га.

Коэффициенты использования растениями фосфора почвы составляют от 5 до 20%. По содержанию фосфора в почве можно получить от 3,4 до 114,5 ц/га зерна овса.

За счет калия почвы возможен сбор зерна от 2,7 [(3 мг/100 г · 30 кг/га · 0,08) : 2,58 кг/ц] до 70 ц/га [(30 мг/100 г · 30 кг/га · 0,2) : 2,58 кг/ц] зерна.

96. Возможный урожай зерна овса в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,8	10,1	10,4	10,7
4	8,1	8,5	8,9	9,3	9,7	10,1	10,6	11,0	11,4	11,8	12,1	12,6	13,0	13,4	13,8	14,3
5	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,3	13,7	14,2	14,7	15,2	15,7	16,3	16,8	17,3	17,8
6	12,2	12,8	13,4	14,0	14,6	15,2	15,9	16,5	17,1	17,7	18,3	18,9	19,5	20,1	20,7	21,4
7	14,2	14,9	15,6	16,3	17,1	17,8	18,5	19,3	19,9	20,6	21,4	22,0	22,8	23,5	24,1	24,9
8	16,3	17,1	17,9	18,7	19,6	20,4	21,2	22,0	22,8	23,6	24,4	25,2	26,1	26,9	27,6	28,5
9	18,3	19,2	20,1	21,0	22,0	22,9	23,8	24,7	25,6	26,5	27,5	28,4	29,3	30,2	31,1	32,0
10	20,3	21,3	22,3	23,4	24,4	25,4	26,4	27,4	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,6	34,6	35,6
11	22,4	23,5	24,6	25,8	26,9	28,0	29,1	30,2	31,3	32,4	33,6	34,7	35,8	36,9	38,0	39,2
12	24,4	25,6	26,8	28,1	29,3	30,5	31,7	32,9	34,2	35,4	36,6	37,8	39,0	40,3	41,5	42,7
13	26,4	27,7	29,1	30,4	31,7	33,0	34,4	35,6	37,0	38,3	39,7	41,0	42,3	43,6	45,0	46,3
14	28,5	29,9	31,4	32,8	34,2	35,6	37,1	38,4	39,9	41,3	42,7	44,2	45,6	47,0	48,4	49,9
15	30,5	32,0	33,6	35,1	36,6	38,1	39,7	41,2	42,7	44,2	45,8	47,3	48,8	50,3	51,9	53,4
16	32,5	34,1	35,8	37,4	39,0	40,7	42,3	43,9	45,5	47,2	48,8	50,4	52,1	53,7	55,3	57,0
17	34,6	36,3	38,1	39,8	41,5	43,3	45,0	46,7	48,4	50,1	51,9	53,6	55,4	57,0	58,8	60,6
18	36,6	38,4	40,3	42,1	43,9	45,8	47,6	49,4	51,2	53,1	54,9	56,7	58,6	60,4	62,2	64,1
19	38,6	40,5	42,5	44,4	46,3	48,3	50,2	52,2	54,1	56,0	58,0	59,9	61,8	63,7	65,7	67,6
20	40,7	42,7	44,8	46,8	48,8	50,9	52,9	55,0	56,9	59,0	61,0	63,1	65,1	67,1	69,1	71,1
21	42,7	44,8	47,0	49,1	51,2	53,4	55,5	57,7	59,8	61,9	64,1	66,2	68,3	70,5	72,6	74,7
22	44,7	46,9	49,2	51,4	53,7	55,9	58,1	60,4	62,6	64,9	67,1	69,4	71,6	73,8	76,1	78,3
23	46,8	49,1	51,5	53,8	56,2	58,5	60,8	63,2	65,5	67,8	70,2	72,6	74,9	77,2	79,6	81,9
24	48,8	51,2	53,7	56,1	58,6	61,0	63,4	65,9	68,3	70,8	73,2	75,7	78,1	80,5	83,0	85,4
25	50,8	53,2	55,9	58,4	61,0	63,6	67,1	68,7	71,2	73,7	76,3	78,9	81,4	83,9	86,5	89,0

97. Возможный урожай зерна овса в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
3	3,4	4,1	4,8	5,5	6,2	6,9	7,5	8,2	8,9	9,6	10,3	11,0	11,7	12,4	13,0	13,7			
4	4,6	5,5	6,4	7,3	8,2	9,2	10,1	11,0	11,9	12,8	13,7	14,6	15,6	16,5	17,4	18,3			
5	5,7	6,9	8,0	9,2	10,3	11,4	12,6	13,7	14,9	16,0	17,2	18,3	19,5	20,6	21,7	22,9			
6	6,9	8,2	9,6	11,0	12,4	13,7	15,1	16,5	17,9	19,2	20,6	22,0	23,3	24,7	26,1	27,5			
7	8,0	9,6	11,2	12,8	14,4	16,0	17,6	19,2	20,8	22,4	24,0	25,6	27,2	28,8	30,4	32,1			
8	9,2	11,0	12,8	14,6	16,5	18,3	20,1	22,0	23,8	25,8	27,5	29,3	31,1	33,0	34,8	36,6			
9	10,3	12,4	14,4	16,5	18,5	20,6	22,7	24,7	26,8	28,8	30,9	33,0	35,0	37,1	39,1	41,2			
10	11,4	13,7	16,0	18,3	20,6	22,9	25,2	27,5	29,8	32,1	34,3	36,6	38,9	41,2	43,5	45,8			
11	12,6	15,1	17,6	20,1	22,7	25,2	27,7	30,2	32,7	35,3	37,8	40,3	42,8	45,3	47,9	50,4			
12	13,7	16,5	19,2	22,0	24,7	27,5	30,2	33,0	35,7	38,5	41,2	44,0	46,7	49,5	52,2	55,0			
13	14,9	17,9	20,8	23,8	26,8	29,8	32,7	35,7	38,7	41,7	44,6	47,6	50,6	53,6	56,6	59,5			
14	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	32,1	35,3	38,5	41,7	44,9	48,1	51,3	54,5	57,7	60,9	64,1			
15	17,2	20,6	24,0	27,5	30,9	34,3	37,8	41,2	44,6	48,1	51,5	55,0	58,4	61,8	65,3	68,7			
16	18,3	22,0	25,6	29,3	33,0	36,6	40,3	44,0	47,6	51,3	55,0	58,6	62,3	66,0	69,6	73,3			
17	19,5	23,3	27,2	31,1	35,0	38,9	42,8	46,7	50,6	54,5	58,4	62,3	66,2	70,1	74,0	77,9			
18	20,6	24,7	28,8	33,0	37,1	41,2	45,3	49,5	53,6	57,7	61,8	65,9	70,1	74,2	78,3	82,4			
19	21,7	26,1	30,4	34,8	39,5	43,5	47,9	52,2	56,6	60,9	65,3	69,6	74,9	78,3	82,7	87,0			
20	22,9	27,5	32,1	36,6	41,2	45,8	50,4	55,0	59,5	64,1	68,7	73,3	77,9	82,4	87,0	91,6			
21	24,0	28,8	33,7	38,5	43,3	48,1	52,9	57,7	62,5	67,3	72,1	76,9	81,7	86,6	91,4	96,2			
22	25,2	30,2	35,3	40,3	45,3	50,4	55,4	60,4	65,5	70,5	75,6	80,6	85,6	90,7	95,7	100,8			
23	26,3	31,6	36,9	42,1	47,4	52,7	57,9	63,2	68,5	73,7	79,0	84,3	89,5	94,8	100,1	105,3			
24	27,5	33,0	38,5	44,0	49,5	55,0	60,4	66,0	71,4	76,9	82,4	87,9	93,4	98,9	104,4	109,3			
25	28,6	34,3	40,1	45,8	51,5	57,2	63,0	68,7	74,4	80,1	85,9	91,6	97,3	103,0	108,8	114,5			

98. Возможный урожай зерна овса в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
3	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,2	5,6	5,9	6,3	6,6	7,0						
4	3,6	4,2	4,7	5,1	5,6	6,0	6,5	7,0	7,4	7,9	8,4	8,8	9,3						
5	4,5	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,7	9,3	9,9	10,5	11,0	11,7						
6	5,5	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,4	11,2	11,8	12,6	13,2	14,0						
7	6,4	7,3	8,2	9,0	9,8	10,6	11,4	12,2	13,0	13,8	14,7	15,4	16,3						
8	7,3	8,4	9,3	10,2	11,2	12,1	13,0	14,0	14,8	15,8	16,8	17,8	18,7						
9	8,2	9,4	10,5	11,5	12,6	13,6	14,6	15,7	16,7	17,8	18,8	19,9	21,0						
10	9,1	10,5	11,7	12,8	14,0	15,1	16,2	17,5	18,5	19,8	20,9	22,1	23,3						
11	10,0	11,6	12,8	14,0	15,4	16,6	17,9	19,2	20,4	21,8	23,0	24,3	25,7						
12	11,0	12,6	14,0	15,3	16,7	18,1	19,5	20,9	22,3	23,7	25,1	26,5	28,0						
13	11,9	13,6	15,2	16,6	18,1	19,6	21,1	22,7	24,1	25,7	27,2	28,7	30,3						
14	12,8	14,7	16,3	17,9	19,5	21,2	22,8	24,5	26,0	27,7	29,3	30,9	32,7						
15	13,8	15,7	17,4	19,2	20,9	22,7	24,4	26,2	27,9	29,6	31,4	33,1	35,0						
16	14,7	15,7	18,6	20,5	22,3	24,2	26,0	28,0	29,7	31,6	33,5	35,3	37,3						
17	15,6	16,7	19,7	21,8	23,7	25,7	27,7	29,7	31,6	33,6	35,6	37,5	39,7						
18	16,5	17,8	20,9	23,0	25,1	27,2	29,3	31,4	33,5	35,6	37,7	39,8	42,0						
19	17,4	19,9	22,1	24,3	26,5	28,7	30,9	33,2	35,3	37,6	39,8	42,0	44,3						
20	18,3	21,0	23,2	25,6	27,9	30,2	32,6	34,9	37,2	39,6	41,9	44,2	46,7						
21	19,3	22,0	24,4	26,8	29,3	31,7	34,2	36,6	39,1	41,5	44,0	46,4	49,0						
22	20,2	23,0	25,6	28,1	30,7	33,2	35,8	38,4	40,9	43,5	46,1	48,6	51,3						
23	21,1	24,1	26,7	29,4	32,1	34,8	37,5	40,1	42,8	45,5	48,2	50,8	53,7						
24	22,0	25,1	27,9	30,7	33,5	36,3	39,1	41,8	44,6	47,4	50,2	53,0	56,0						
25	22,9	26,2	29,1	32,0	34,9	37,8	40,7	43,6	46,5	49,4	52,3	55,2	58,3						
26	23,8	27,3	30,2	33,3	36,3	39,3	42,3	45,3	48,3	51,4	54,4	57,4	60,7						
27	24,8	28,3	31,4	34,5	37,7	40,8	43,9	47,1	50,2	53,4	56,5	59,6	63,0						
28	25,7	29,3	32,6	35,8	39,1	42,3	45,5	48,9	52,1	55,4	59,6	61,8	65,3						
29	26,6	30,4	33,7	37,1	40,5	43,9	47,2	50,6	53,9	57,4	60,7	64,0	67,7						
30	27,5	31,4	34,9	38,4	41,9	45,4	48,8	52,3	55,8	59,3	62,8	66,3	70,0						

Эти показатели используют при расчете норм удобрений на прибавку урожая. Например, при влагообеспеченности дерново-подзолистых почв 325 мм и коэффициенте водопотребления овса, равном 400, возможный урожай составит 41,1 ц/га зерна (см. табл. 90). При содержании в почве легкогидролизуемого азота 7 мг/100 г и усвоении его растениями овса на 20% за счет эффективного плодородия можно получить 14,2 ц/га зерна (см. табл. 96). Прибавка урожая, которая должна быть получена за счет внесения минеральных удобрений, равна 26,9 ц/га. В таблице 99 приведены нормы удобрений, рассчитанные на прибавку урожая.

99. Расчет норм питательных веществ на заданный урожай зерна овса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Запрограммированный урожай зерна (У _{прог}), ц/га		41,1	
Урожай зерна, который можно получить без удобрений (У _{эф}), ц/га		14,2	
Прибавка урожая зерна, которая должна быть получена за счет питательных веществ удобрений [(У _{прог} - У _{эф}) = У _{пр}], ц/га		26,9	
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы (В ₁), кг	2,95	1,31	2,58
Необходимо внести на заданную прибавку урожая [(У _{пр} В ₁) = В _{пр}], кг/га	79,6	35,4	69,7
Коэффициент использования элементов питания из минеральных удобрений в год внесения (К _у)	0,60	0,35	0,70
Потребуется внести с учетом коэффициента использования (Д _{пр} = В _{пр} : К _у), кг/га	133	101	100

Следовательно, для получения 41,1 ц/га зерна овса нужно внести N₁₃₃P₁₀₁K₁₀₀, или в сумме 334 кг/га NPK, т. е. на каждый килограмм NPK планируется получить 8,2 кг зерна (26,9 ц/га прибавки: 334 кг/га NPK). Расчет можно вести также по формуле

$$Д_{пр} = \frac{(У_{прог} - У_{эф})В_1}{К_у} = \frac{(41,1 \text{ ц/га} - 14,2 \text{ ц/га}) \cdot 2,95 \text{ кг/ц}}{0,60} = 133 \text{ кг/га N.} \quad (44)$$

Этим методом удобно пользоваться при обосновании норм удобрений в севообороте, поскольку он объективно учитывает влияние на урожай последующей культуры не только эффективного плодородия самой почвы, но и туков, внесенных под предшественник, а также питательных веществ, поступающих в почву из корневых и пожнивных остатков, запахищаемых после уборки пред-

шествующей культуры. Однако рассматриваемый метод имеет серьезный недостаток, который состоит в том, что на урожай, получаемый без внесения удобрений, влияет лишь один элемент питания, лимитирующий продуктивность: азот, фосфор или калий. Для того, чтобы нормы удобрений были точными, не превышающими 10% необходимого количества, нужно вновь обратиться к картограммам обеспеченности почв N, P₂O₅ и K₂O. Допустим, на участке, где будут возделывать овес, содержится 5,6 мг азота, 9,3 — фосфора и 18,8 мг калия на 100 г почвы. По этим данным рассчитывают, какой урожай овса можно получить за счет эффективного плодородия почвы (табл. 100).

100. Определение возможного урожая по элементам минерального питания почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Обеспеченность почвы питательными веществами по картограмме (П), мг/100 г	5,6	9,3	18,8
Коэффициент перевода мг/100 г почвы в кг/га NPK в расчетном ее слое 25 см (К _м)		34	
Количество доступных для растений элементов питания в почве (ПК _м), кг/га	190	316	639
Коэффициент использования NPK из почвы (К _п)	0,22	0,08	0,12
Возможный вынос NPK из почвы (В _п = ПК _м К _п), кг/га	41,8	25,3	76,7
Вынос на 1 ц зерна овса и соответствующее ему количество соломы (В ₁), кг	2,95	1,31	2,58
Урожай, который может быть получен за счет эффективного плодородия почвы по элементам питания (У _{эф} = В _п : В ₁), ц/га	14,2	19,3	29,7

По формуле (41) определяют

$$У_{эф} = \frac{5,6 \text{ мг/100 г} \cdot 34 \text{ кг/га} \cdot 0,22}{2,95 \text{ кг/ц}} = 14,2 \text{ ц/га по азоту.}$$

Так же рассчитывают урожай по фосфору (19,3 ц/га) и по калию (29,7 ц/га) почвы. Следовательно, на данном поле урожай овса лимитировало содержание азота в почве, по фосфору необходимое количество его, вносимое с туками, должно быть занижено на 5,1 ц/га (19,3 — 14,2) и по калию — на 15,5 ц/га (29,7 — 14,2), так как эти урожаи будут обеспечены без внесения РК с удобрениями. Норму фосфора определяют на прибавку 21,8 ц/га

101. Определение норм фосфора и калия на заданную прибавку урожая овса

Показатель	P_2O_5	K_2O
Запрограммированный урожай зерна ($U_{\text{прог}}$), ц/га	41,1	
Возможный урожай зерна за счет эффективного плодородия почвы по элементам питания ($U_{\text{эф}}$), ц/га	19,3	29,7
Прибавка, которая должна быть получена за счет удобрений ($U_{\text{пр}} = U_{\text{прог}} - U_{\text{эф}}$), ц/га	21,8	11,4
Вынос на 1 ц зерна овса с соответствующим количеством соломы (B_1), кг	1,31	2,58
Необходимо внести на заданную прибавку урожая ($B_{\text{пр}} = U_{\text{пр}} B_1$), кг/га	28,6	29,4
Коэффициент использования РК из минеральных удобрений в год внесения (K_y)	0,35	0,70
Потребуется внести с учетом коэффициента использования питательных веществ удобрений ($D_{\text{пр}} = B_{\text{пр}} : K_y$), кг/га	82	42

(41,1—19,3), калия — 11,4 ц/га (41,1—29,7). В таблице 101 приведены нормы удобрений, рассчитанные с учетом эффективного плодородия почвы по каждому элементу питания.

В отличие от прежней схемы расчета (см. табл. 100) вместо $N_{133}P_{101}K_{100}$ в данном случае требуется $N_{133}P_{82}K_{42}$, или в сумме 257 кг/га NPK, что на 77 кг/га (334—257) меньше. При этом на 1 кг NPK будет получено 10,4 кг зерна овса, или на 2,3 кг больше, чем при расчете необходимого количества NPK без уточнения лимитирующего урожай элемента питания почвы. Учет последействия удобрений и питательных веществ корневых и пожнивных остатков на урожай последующей культуры имеет весьма важное значение в севооборотах интенсивного типа, поскольку вынос элементов минерального питания с урожаями зависит от биологических особенностей возделываемых культур. Одни из них потребляют больше азота, другие — фосфора или калия. После озимых зерновых с корневыми и пожнивными остатками в почву поступает значительно меньше органической массы и питательных веществ, чем после сеяных бобовых трав, гороха, кукурузы на силос (табл. 102).

Под влиянием предшествующей культуры почвенное плодородие значительно изменяется, повышается содержание органического вещества почвы и элементов питания. Содержание питательных веществ в пожнивных и корневых остатках зависит от культуры, ее химического состава, урожайности и массы запахаиваемых остатков. Наибольшее количество элементов питания, особенно азота, содержится в пожнивных и корневых остатках люцерны

102. Количество пожнивных и корневых остатков различных культур и содержание в них NPK (по данным Центральной опытной станции ВИУА)

Культура	Урожай основной продукции, ц/га	Масса корневых и пожнивных остатков, ц/га	Количество питательных веществ в пожнивных и корневых остатках					
			кг/га			кг/ц урожая		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Озимая пшеница (зерно)	22	25	26,5	5,0	14,0	1,2	0,2	0,6
То же	40	32	28,0	7,4	17,5	0,7	0,2	0,4
Ячмень (зерно)	20	25	22,0	6,0	14,0	1,1	0,3	0,7
Горох (зерно)	25	22	40,0	7,6	23,6	1,6	0,3	0,94
Кормовые бобы (зерно)	26	24	42,5	8,0	23,7	1,6	0,3	0,9
Клевер:								
первого года пользования (сено)	20	36	78,0	21,6	36,6	3,9	1,09	1,8
то же	58	74	157,6	44,4	63,7	2,7	0,6	0,8
второго года пользования (сено)	36	50	106,3	30,0	47,3	3,0	0,8	1,3
то же	57	91	193,6	54,6	77,9	3,4	0,96	1,3

(до 300 кг/га), клевера (50—150), люпина (до 150), зернобобовых (30—50 кг/га). Поэтому при программировании возделывания овса рассчитывают долю урожая, которая может быть сформирована за счет питательных веществ предшествующей культуры.

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из корневых и пожнивных остатков составляют N — 25%, P_2O_5 — 40, K_2O — 70% (равны коэффициентам использования их из органических удобрений в первый год действия).

Последствие NPK пожнивных и корневых остатков рассчитывают следующим образом. Например, на участке без удобрения получают 40 ц/га сена люцерны. При этом на 1 га остается 93,2 кг (40 ц/га · 2,33 кг/ц) азота, 29,2 — фосфора (40 · 0,73) и 69,2 кг (40 · 1,73 кг/ц) калия. Из этого количества питательных веществ в первый год растения потребляют 23,3 кг/га азота (93,2 кг/га · 25% : 100%), 11,7 — фосфора (29,2 · 40% : 100%) и 48,4 кг/га (69,2 кг/га · 70% : 100%) калия. При использовании азота минеральных удобрений в первый год внесения на 60%, фосфора — на 35 и калия — на 70% выше рассчитанные количества NPK пожнивных и корневых остатков люцерны будут эквивалентны следующим величинам элементов питания туков: по азоту —

38,8 кг/га (23,3 кг/га : 60% · 100%), по фосфору — 33,4 (11,7 : 35% · 100%) и по калию — 69,1 кг/га (48,4 кг/га : 70% · 100%). Такого количества азота достаточно для получения 13,2 ц/га (38,8 кг/га N : 2,95 кг/ц), фосфора — 25,5 (33,4 кг/га P_2O_5 : 1,31 кг/га) и калия — 26,8 ц/га (69,1 кг/га K_2O : 2,58 кг/ц) зерна овса. При программировании 40 ц/га зерна потребность в азоте рассчитывают на прибавку 26,8 ц/га (40—13,2), в фосфоре — 14,5 (40—25,5) и в калии — 13,2 ц/га (40—26,8). Схема расчета приведена в таблице 103.

103. Расчет возможного урожая овса по последствию пожнивных и корневых остатков, а также удобрений на заданную прибавку зерна

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Урожай предшественника (люцерна на сено) ($U_{пред}$), ц/га		40	
В пожнивных и корневых остатках люцерны содержится ($V_1^{ПК}$), кг в пересчете на 1 ц сена	2,33	0,73	1,73
Всего накапливается в почве ($U_{пред}V_1^{ПК}$), кг/га	93,2	29,2	69,2
Коэффициент использования питательных веществ из пожнивных и корневых остатков ($K_{ПК}$)	0,25	0,40	0,70
Возможный вынос из пожнивных и корневых остатков растениями овса ($V_{ПК} = U_{пред}V_1^{ПК} \cdot K_{ПК}$), кг/га	23,3	11,7	48,4
Коэффициент использования питательных веществ минеральных удобрений (K_y)	0,60	0,35	0,70
Эквивалентное минеральным удобрениям количество питательных веществ, поступивших с пожнивными и корневыми остатками ($V_{ПК} = V_{ПК} : K_y$), кг/га	38,8	33,4	69,1
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы (V_1), кг	2,95	1,31	2,58
Урожай, который может быть получен за счет питательных веществ пожнивных и корневых остатков ($U_{ПК} = V_{ПК} : V_1$), ц/га	13,2	25,5	26,8
Программируется получить зерна ($U_{прог}$), ц/га		40	
Заданная прибавка по элементам питания, на которую необходимо внести NPK с удобрениями ($U_{пр} = U_{прог} - U_{ПК}$), ц/га	26,8	14,5	13,2
Вынос прибавкой урожая ($U_{пр}V_1 = V_{пр}$), кг/га	79,1	19,0	34,0
Норма NPK на заданный урожай ($V_{пр} : K_y = D_{д.в.}$), кг/га	132	54	48

Урожай, полученный за счет питательных веществ пожнивных и корневых остатков, можно определить по формуле

$$U_{ПК} = \frac{U_{пред} V_1^{ПК} K_{ПК}}{K_y V_1} \quad (45)$$

Пользуясь данными таблицы 103, рассчитывают $U_{ПК}$ по фосфору этой статьи баланса питательных веществ:

$$U_{ПК} = \frac{40 \text{ ц/га} \cdot 0,73 \text{ кг/ц} \cdot 0,4}{0,35 \cdot 1,31 \text{ кг/ц}} = 25,5 \text{ ц/га зерна по } P_2O_5.$$

Следовательно, за счет питательных веществ пожнивных и корневых остатков формируется 33% урожая овса по азоту, 63,7 — по фосфору и 67% по калию. Под урожай 40 ц/га зерна овса в этом случае потребуется внести $N_{132}P_{54}K_{48}$, или в сумме 234 кг/га NPK. На 1 кг питательных веществ удобрений можно получить 8,2 кг (19,2 ц/га в среднем по трем элементам : 234 кг/га NPK) зерна овса.

В связи с этим представляет интерес вопрос, как рассчитать необходимое количество азота, фосфора и калия, если заранее запрограммировать получение соответствующего количества зерна на 1 кг д.в. NPK туков. Например, на высококультурных почвах окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений составляет 10 кг зерна овса. Программой за счет химизации предусматривается получить 50% урожая, или 20 из 40 ц/га, рассчитанных по влагообеспеченности посевов. Для получения прибавки в 20 ц потребуется внести 200 кг/га NPK (20 ц/га : 10 кг зерна на 1 кг NPK). Чтобы определить нормы азота, фосфора и калия, нужно знать их благоприятное соотношение в конечной продукции. Для этого сумму выносов элементов минерального питания принимают за 100% и вычисляют процентное соотношение каждого элемента в выносе на 1 ц зерна. Оно составляет: N : P : K = 1 : 0,444 : 0,875, если азот принят за единицу, или 43,13% N (2,95 кг/ц : 6,84 кг/ц — сумма NPK в общем выносе на 1 ц зерна) : 19,15% P_2O_5 (1,31 : 6,84) : 37,72% K_2O (2,58 кг/ц : 6,84 кг/ц) (табл. 104).

В связи с тем, что растения в период вегетации по-разному используют питательные вещества удобрений, в величины выноса питательных веществ на единицу урожая вносят поправки с учетом коэффициента использования NPK туков. Овес из удобрений в год внесения усваивает примерно 60% азота, 35 — фосфора и 70% калия. Вынос на 1 ц зерна составит: по азоту — 4,92 кг (2,95 кг/ц : 0,6), по фосфору — 3,74 (1,31 кг/ц : 0,35) и по калию — 3,69 кг (2,58 кг/ц : 0,7). Сумма выноса (a_{NPK}) питательных веществ при этом будет равна 12,35 кг/ц (4,92 + 3,74 + 3,69). Тогда соотношение между этими элементами составит 39,84% N : 30,28% P_2O_5 : 29,88% K_2O . Для получения прибавки 20 ц/га за счет удобрений потребуется внести около 80 кг/га азота

(200 кг/га NPK·39,84%), 60 — фосфора (200·30,28) и 60 кг/га калия (200 кг/га·29,88%) (табл. 105).

Схему расчета можно значительно сократить, если воспользоваться формулой

$$D_{д.в} = [(U_{пр} : O_{NPK}) C'_{NPK}] : 100, \quad (46)$$

где $U_{пр} : O_{NPK}$ — общая доза (D_{NPK}) питательных веществ для получения заданной прибавки урожая, когда известна величина оплаты 1 кг NPK туков.

В нашем примере $D_{NPK} = 20$ ц/га : 10 кг/зерна на 1 кг NPK. По формуле (46) рассчитывают норму азота для получения 40 ц/га зерна овса

$$D_{д.в} = [(20 \text{ ц/га} : 10 \text{ кг}) \cdot 0,40 \text{ N}] : 100 = 80 \text{ кг/га}.$$

Нормы удобрений можно определить также, используя коэффициенты эффективного плодородия почвы (табл. 106).

104. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае овса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK:				
в зерне	2,10	0,85	0,50	3,45
в соломе	0,65	0,35	1,60	2,60
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее количество соломы, кг				
	2,95	1,31	2,58	6,84
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы				
азот принят за 1	1,00	0,444	0,875	2,319
фосфор » » 1	2,252	1,00	1,97	5,222
калий » » 1	1,143	0,501	1,00	2,644
в процентах	43,13	19,15	37,72	100

105. Расчет норм удобрений по окупаемости единицы питательных веществ туков зерном овса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
Окупаемость 1 кг NPK туков (O_{NPK}) зерном, кг		10	
Заданный уровень прибавки урожая зерна от удобрений ($U_{пр} = U_{прог} - U_{эф}$), ц/га		20	
Необходимо внести питательных веществ для получения заданной прибавки ($D_{NPK} = U_{пр} : O_{NPK}$), кг/га		200	

Продолжение

1	2	3	4
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы (B_1), кг	2,95	1,31	2,58
Коэффициент использования NPK туков в год внесения (K_y)	0,60	0,35	0,70
Вынос на 1 ц зерна с учетом использования питательных веществ ($B_1^* = B_1 : K_y$), кг	4,92	3,74	3,69
Сумма выносов питательных веществ (Q_{NPK})		12,35	
Соотношение между NPK в выносе ($C'_{NPK} = B_1^* : Q_{NPK}$)	0,40	0,30	0,30
Нормы NPK для получения заданной окупаемости ($D_{д.в} = D_{NPK} C'_{NPK}$), кг/га	80	60	60

106. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев зерна овса

По азоту		По фосфору		По калию	
$K_{п}, \%$	$K_{эф}, \text{ц/га}$	$K_{п}, \%$	$K_{эф}, \text{ц/га}$	$K_{п}, \%$	$K_{эф}, \text{ц/га}$
20	2,03	5	1,14	8	0,91
21	2,13	6	1,37	9	1,05
22	2,23	7	1,60	10	1,17
23	2,34	8	1,83	11	1,28
24	2,44	9	2,06	12	1,40
25	2,54	10	2,29	13	1,51
26	2,64	11	2,52	14	1,62
27	2,74	12	2,75	15	1,75
28	2,85	13	2,98	16	1,85
29	2,95	14	3,21	17	1,98
30	3,05	15	3,43	18	2,09
31	3,15	16	3,66	19	2,21
32	3,25	17	3,89	20	2,33
33	3,36	18	4,12	21	2,44
34	3,46	19	4,35	22	2,56
35	3,56	20	4,58	23	2,67

Предположим, что на участке, отведенном под посев овса, в почве содержится 6,6 мг/100 г легкогидролизуемого азота, 8,2 — фосфора и 17,6 мг/100 г калия. Растениями из почвы используется около 22% азота, 9 — фосфора и 15% калия. Этим показателям соответствуют коэффициенты эффективного плодородия по азоту — 2,23, по фосфору — 2,06 и по калию — 1,75 (см. табл. 106). При вышеприведенных агрохимических показателях за счет азота почвы можно собрать 14,7 ц/га (6,6 мг/100 г · 2,23 ц/га), фосфора — 16,9 (8,2 · 2,06) и калия — 30,8 ц/га (17,6 мг/100 · 1,75 ц/га) зерна. В случае программирования урожая зерна овса 45 ц/га

нужно рассчитать нормы азота для формирования 30,3 ц/га (45—14,7), фосфора — 28,1 ц (45—16,9) и калия — 14,2 ц/га (45—30,8). Расчет приведен в таблице 107.

Следовательно, для получения 45 ц/га зерна овса потребовалось внести $N_{149}P_{105}K_{52}$, или в сумме 306 кг/га NPK, что достаточно для достижения окупаемости 1 кг NPK 6,8 кг зерна. В данной схеме расчета были приняты относительно низкие коэффициенты использования питательных веществ почвы, что привело к необходимости внесения азота и фосфора в высоких нормах. На этом

107. Расчет норм NPK на заданный урожай овса с использованием коэффициентов эффективного плодородия почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Агрохимический показатель почвы (П), мг/100 г	6,6	8,2	17,6
Коэффициент усвоения питательных веществ почвы растениями (К _п)	0,22	0,09	0,15
Коэффициент эффективного плодородия почвы (К _{эф}), ц/га	2,23	2,06	1,75
Возможный урожай зерна за счет элементов питания почвы (У _{эф} = ПК _{эф}), ц/га	14,7	16,9	30,8
Программируется получить урожай зерна (У _{прог}), ц/га		45	
Прибавка урожая, на которую необходимо внести питательные вещества (У _{пр} = У _{прог} - У _{эф}), ц/га	30,3	28,1	14,2
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы (В _п), кг	2,95	1,31	2,58
Будет вынесено прибавкой урожая (В _{пр} = У _{пр} В _п), кг/га	89,4	36,8	36,6
Коэффициент усвоения питательных веществ из туков (К _у)	0,60	0,35	0,70
Норма NPK на заданный урожай (Д _{д.в} = В _{пр} : К _у), кг/га	149	105	52
Соотношение элементов питания в удобрениях:			
азот принят за 1	1,0	0,705	0,349
фосфор » » 1	1,419	1,0	0,495
калий » » 1	2,865	2,019	1,0

участке урожай оказался равным 48,6 ц/га, с которым было вынесено значительно больше питательных веществ, чем было запрограммировано; фактический вынос составил: азота — 143,4 кг/га, фосфора — 63,7 и калия — 125,4 кг/га. Из минеральных удобрений использовалось 67,1% азота, 39,6 — фосфора и 88,3% калия (табл. 108).

108. Баланс NPK под посевами овса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фактический урожай зерна овса (У _ф), ц/га		48,6	
Вынос питательных веществ с урожаем (В _{о.б} = У _ф В _п), кг/га	143,4	63,7	125,4
В том числе:			
из почвы (В _п = ПК _п К _п), кг/га	43,4	22,1	79,5
из удобрений (В _у = В _{о.б} - В _п), кг/га	100,0	41,6	45,9
Внесено с удобрениями (Д _{д.в}), кг/га	149	105	52
Использовалось из туков (К _у = В _у : Д _{д.в})	0,67	0,40	0,88
Осталось в почве (Д _{о.с} = Д _{д.в} - В _у), кг/га	49	63,4	6,1

Определение коэффициентов использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений в первый год действия и в последствии представляет наибольшую трудность при обосновании оптимальных норм элементов питания на заданный урожай. Однако постоянное осуществление простого баланса питательных веществ позволит ежегодно уточнять эти показатели как по культурам, так и по полям севооборота. Для того чтобы определить коэффициенты усвоения питательных веществ почвы, на каждом поле необходимо оставлять три-четыре небольшие делянки без внесения удобрений. На биологический урожай зерна, собранного с этих участков, определяют вынос NPK, который условно будет отражать эффективное плодородие почвы. Тогда коэффициент использования растениями NPK почвы рассчитывают по формуле

$$K_p = \frac{B_p}{PK_m}, \text{ или } K_p = \frac{Y_p B_1}{PK_m}. \quad (47)$$

Допустим, на участке без внесения удобрений урожай зерна составил 16,5 ц/га (У_п). С этим урожаем из почвы выносятся (В_п) 21,6 кг/га фосфора (16,5 ц/га · 1,31 кг/ц). По картограмме обеспеченности почв элементами минерального питания в пахотном горизонте 25 см (К_м = 34 кг/га) содержится 9,8 мг/100 г (П), или 333 кг/га доступного для растений фосфора (9,8 мг/100 г · 34 кг/га). При урожае зерна 16,5 ц/га растения овса использовали из почвы около 6,5% (К_п = 0,065) фосфора:

$$K_p = \frac{16,5 \text{ ц/га} \cdot 1,31 \text{ кг/ц}}{9,8 \text{ мг/100 г} \cdot 34 \text{ кг/га}} = 0,065.$$

Более высокий коэффициент использования питательных веществ всегда будет соответствовать максимально возможному урожаю, особенно при низком содержании доступных для растений элементов питания в почве. Чем больше значение рН почвенной среды, тем выше коэффициент использования фосфора почвы.

Получения гарантированно высоких заданных урожаев овса при одновременном сохранении плодородия почв на прежнем уровне можно достичь при внесении питательных веществ в количествах, равных выносу их с запрограммированным урожаем или на 10—15% выше выноса. По мере окультуривания почв нормы питательных веществ постепенно можно снижать, но при условии ежегодного получения высоких урожаев. Кроме того, относительно высокое содержание доступного для растений калия почти на всех типах почв исключает необходимость завышения нормы калия над выносом. Наоборот, не снижая величину запрограммированного урожая, следует на 20—25% уменьшать норму калийного удобрения.

Нет необходимости завышать и нормы азотных удобрений, поскольку при избытке азота в почве значительно возрастает урожай соломы, что приводит к излишним затратам туков, удорожанию продукции и снижению товарной части урожая, особенно во влажные годы, вследствие полегания посевов.

Избыточное внесение фосфора также отрицательно сказывается на экономике производства зерна, приводит к уменьшению коэффициентов усвоения P_2O_5 удобрений в результате закрепления его в почве и перехода в труднодоступные для растений формы.

Применение эффективных способов внесения минеральных удобрений позволяет существенно повысить коэффициент использования питательных веществ. Так, при использовании гранулированного суперфосфата в рядки при посеве усвоение фосфора растениями достигает 80%. Внутрипочвенное внесение лентами в 1,5—2 раза уменьшает потребность в минеральных удобрениях по сравнению с разбросным поверхностным их применением за счет повышения коэффициентов использования элементов питания.

В таблице 109 приведены нормы питательных веществ на заданные урожаи овса, рассчитанные с учетом действия туков в год внесения, а также с учетом последствия минеральных удобрений, использованных под предшественник, и NPK его пожнивных и корневых остатков.

Для уточнения этих норм в течение вегетации контролируют накопление биомассы растений и питательных веществ в них. Недостаток элементов питания восполняют внесением их с туками, чтобы достичь оптимального содержания в растениях (табл. 110).

Зная химический состав растений, можно наиболее точно подойти к составлению системы удобрения.

Цель сбора информации с запрограммированных посевов состоит в том, чтобы по основным характеристикам почвенно-климатических ресурсов разработать экономически оправданные технологии возделывания овса. Исходная информация должна включать агроклиматические показатели хозяйства с выявленным лимитирующим урожаем природным комплексом и уровнем действительно возможного урожая ($U_{дву}$); агрохимические показатели по

109. Нормы NPK на заданный урожай овса, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га							
		20—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60
N	III	35—45	47—57	59—69	71—81	83—88	90—95	97—102	104—109
	IV	25—35	37—47	49—59	61—71	73—83	85—90	92—97	99—104
	V	15—25	27—37	39—49	51—61	63—73	75—85	87—92	94—99
	VI	5—15	17—27	29—39	41—51	53—63	65—75	77—87	89—94
P_2O_5	III	25—35	37—47	49—59	61—71	73—83	85—90	92—97	99—104
	IV	20—25	27—37	39—49	51—61	63—73	75—85	87—92	94—99
	V	15—20	22—27	29—39	41—51	53—63	65—75	77—87	89—94
	IV	10—15	17—22	24—29	31—41	43—53	55—65	67—77	79—89
K_2O	III	15—20	22—32	34—44	46—56	58—68	70—75	77—82	84—89
	IV	10—15	17—22	24—34	36—46	48—58	60—70	72—77	79—84
	V	5—10	12—17	19—24	26—36	38—48	50—60	62—72	74—79
	VI	—	7—12	14—19	21—26	28—38	40—50	62—72	64—74

110. Оптимальное содержание питательных веществ в растениях овса в течение вегетации, % от абсолютно сухой массы (по В. В. Церлинг)

Фаза роста и развития растения	Надземная часть			Листья		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Кушение	5,0—6,0	2,0—2,4	6,0—7,0	5,0—6,0	2,0—2,4	6,0—7,0
Выход в трубку	3,2—4,0	1,0—1,5	4,0—5,0	3,5—4,5	1,6—2,2	3,5—4,0
Выметывание — цветение	1,3—2,2	0,7—0,9	2,0—2,4	2,2—3,0	1,0—1,7	2,5—3,0

содержанию азота, фосфора, калия и микроэлементов в почве; агрофизические свойства почв и критерии их оптимальности; биологические особенности сортов овса и характеристики их продуктивности в условиях данного хозяйства. Все эти показатели должны быть отражены в сводной ведомости информации с запрограммированных посевов (табл. 111).

	Шифр
1. Республика, область	1
2. Место проведения опыта	2
3. Год	3
4. Культура (сорт, гибрид)	4
5. Исполнитель	5

**СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ
ИНФОРМАЦИИ С ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ
ПОСЕВОВ**

А. Характеристика поля

6. Тип почвы	6
7. Механический состав	7
8. Объемная масса, г/см ³	8
9. Влажность завядания, %	9
10. НВ, %	10
11. Коэффициент фильтрации, см/сутки	11
12. Содержание гумуса, %	12
13. Глубина пахотного слоя, см	13
14. Легкогидролизуемый азот, мг/100 г почвы	14
15. P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	15
16. K ₂ O, мг/100 г почвы	16
17. pH	17

Б. Программа опыта и ее реализация

Программа													Реализация														
Номер п/п	Номер повтор-носки	Номер варианта	Заданная густота	Норма N	Норма P ₂ O ₅	Норма K ₂ O	Урожай биомассы	Урожай зерна	Вынос N	Вынос P ₂ O ₅	Вынос K ₂ O	Урожай биомассы	Урожай зерна	б/р	см	тыс. раст.		Фактическая густота									
																га	га										
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						32	33	34	35	36	37	38	39	
	б/р	б/р	тыс. раст.	кг/га	кг/га	кг/га	кг/га	ц/га	кг/га	кг/га	кг/га	кг/га	ц/га	б/р	см				кг/га	кг/га	кг/га	ц/га	ц/га	б/р	см		

В. Агроклиматические условия

	Шифр	
40. Посев (дата)	40	
41. Всходы (дата)	41	
Поливы:		
1-й. 42. Срок	42	43
43. Норма, м ³ /га	44	45
2-й. 44. Срок		
45. Норма, м ³ /га	46	47
3-й. 46. Срок		
47. Норма, м ³ /га	48	49
4-й. 48. Срок		
49. Норма, м ³ /га		
50. Оросительная норма, м ³ /га	50	
Осадки:		
51. Общие, мм	51	
52. Эффективные, мм	52	
53. Срок уборки (дата)	53	
54. Длина вегетационного периода от посева, дн.	54	
55. Длина вегетационного периода от всходов, дн.	55	
56. Сумма эффективных температур выше 10 °С	56	
57. Радиационный баланс, ккал/см ²	57	
58. Приход ФАР, ккал/см ²	58	
		А

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

В таблице 112 приведена технология возделывания овса на программируемый урожай. Обоснование величины урожая этой культуры показывает, что при содержании в слое почвы 0—100 см продуктивной влаги перед посевом 200 мм и выпадении в период вегетации растений 175 мм осадков (в сумме 375 мм продуктивной влаги) коэффициенту водопотребления 375 соответствует сбор урожая зерна 50,7 ц/га (см. табл. 90).

112. Технология возделывания овса с урожайностью 50 ц/га зерна

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Позднеспелые сорта картофеля
Основная обработка почвы	Дискование тяжелыми дисковыми боронами БДТ-7 и БД-10 в агрегате с трактором ДТ-75М сразу после уборки картофеля на глубину 10—12 см. Через 8—12 дней по мере появления сорняков обработка зяби плугом ПН-4-35 в агрегате с трактором ДТ-75М на глубину 22—25 см с одновременным боронованием
Предпосевная обработка почвы	По мере произрастания сорняков в условиях теплой осени культивация зяби культиватором КПС-4 на глубину 6—8 см или дискование бороной БДТ-7 в агрегате с трактором ДТ-75М. При наличии большого количества сорняков обязательно внесение гербицидов (см. табл. 113)
Удобрение	Ранневесеннее боронование зяби проводят тяжелыми боронами «Зигзаг» в два следа в агрегате с трактором ДТ-75М+СП-16. Лучшее сохранение влаги обеспечивает применение комбинированных агрегатов РВК-3,6 или ВИП-5,6 в агрегате с трактором ДТ-75М для активного рыхления слоя почвы на глубину 5—6 см
Посев	На почвах среднего уровня обеспеченности питательными веществами удобрения (азот—90 кг/га, фосфор—85 и калий—70 кг/га) (см. табл. 109) при условии их вымывания талыми водами вносят под предпосевную обработку почвы на глубину 12—15 см поперек посева, используя переоборудованные зерновые сеялки СЗ-3,6 и др.
Уход за посевами	Семена высевают в самые ранние сроки с оставлением технологической колеи тремя сеялками СЗ-3,6 в агрегате с трактором ДТ-75М+СП-16
	Расчетная норма высева—5,9 млн. семян/га (см. табл. 94), глубина посева—5—6 см. При содержании влаги в слое 0—10 см менее 12 мм посев проводят с одновременным прикатыванием кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А, более 20 мм—с боронованием средними боронами
	Проводят своевременно с учетом фенологического прогноза появления болезней, вредителей и сорняков (табл. 113). При необходимости осуществляют борьбу с болезнями и вредителями, а также с сорной растительностью

Продолжение

1	2
Уборка	Убирают урожай прямым комбайнированием (в более северных районах возделывания овса) и двухфазным способом. Для скашивания используют жатки ЖВН-6А, ЖНС-6-12 и ЖВС-6. При влажности зерна 18—20% подбирают валки подборщиками ППТ-3А и обмолачивают комбайнами «Нива», «Сибиряк» и «Дон-1500». Зерно транспортируют на зернооток, очищают, доводят до 14%-ной влажности и закладывают на хранение
113. Интегрированная система защиты овса от вредителей, болезней и сорняков	
Фаза развития	Комплекс мероприятий
До посева	Проводят уничтожение промежуточников — кустов барбариса вблизи полей (переносчика линейной ржавчины), слаботельной крушины (переносчика корончатой ржавчины). Семена обрабатывают против пыльной и твердой головни гранозаном или меркураном (2 кг/т), байтаном. Семена протравливают водной суспензией препарата (2 кг/т) или увлажнением семян (10 л воды на 1 т). При наличии овсюга в почву вносят 40%-ный к.э. триаллата — 2—4 кг/га с заделкой в течение 5—7 мин дисковым лушильником ЛДГ-15 в агрегате с трактором ДТ-75М на глубину 4—5 см
При посеве	Для борьбы с комплексом вредителей с семенами вносят граулированный 1,6%-ный раствор фосфамида — 50 кг/га
После посева	Если до посева не внесли триаллат, то сразу после посева им опрыскивают почву и заделывают на глубину 2—3 см. Нормы расхода препарата — 2—4 кг/га. Против однолетних двудольных и злаковых сорняков опрыскивают почву 80%-ным с.п. которана — 0,3—0,6 кг/га. В межфазный период от начала появления второго до начала образования третьего листа у овсюга посева ячменя опрыскивают 12%-ным к.э. карбина — 3,3—5 кг/га
Кущение	Против однолетних двудольных сорняков посева опрыскивают 48%-ным в.р. базаграна — 2—4 кг/га, или 40%-ным в.к. 2,4-Д амниной соли — 1,5—2 кг/га, или 72%-ным. техн. 2,4-Д бутиловым эфиром — 0,4—0,7 кг/га (авиаопрыскивание). Против однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д и 2М-4Х, используют 27%-ный в.р. банлена — 4—8 кг/га или 40%-ный в.р. дналена — 1,75—2,25 кг/га
До начала выхода в трубку	Если под посева овса подсеяна люцерна, то против однолетних и ряда многолетних двудольных сорняков проводят опрыскивание посевов 80%-ным в.р. 2,4-Д — 1,9—3,8 кг/га после появления у люцерны первого тройчатого листа
Выход в трубку	Против злаковой листовёртки проводят обработку краевых полос посевов овса шириной 50—100 м 50%-ным к.э. метафона — 1 кг/га, или 20%-ным к.э. метафоса — 0,5—1 кг/га, или 40%-ным к.э. метафоса — 0,25—0,5 кг/га

КУКУРУЗА

Программирование урожая кукурузы условно делят на две части: агрономическую и математическую. Назначение агрономической части — разработка исходных условий для получения рассчитанного урожая. С этой целью для кукурузы подбирают соответствующий предшественник, обосновывают вынос NPK урожаем, определяют необходимые нормы удобрений с учетом коэффициента использования питательных веществ и устанавливают оптимальную густоту посева. Математическая часть служит для контроля условий роста и развития растений: наличия влаги, тепла, питательных веществ, солнечной радиации и их регулирования. Чтобы найти наилучшее сочетание и количественное выражение этих факторов на каждом этапе роста и развития растений, в посевах выводят математическую формулу, отражающую зависимость ростовых процессов от указанных факторов, т. е. строят модель формирования урожая.

Под кукурузу математическая модель включает три блока: блок плодородия почвы, являющийся основой для принятия тех или иных решений; блок продуктивности, учитывающий сведения о культуре (сорт, гибриде), норме высева, выносе питательных веществ, потреблении влаги и пр., и блок управления формированием урожая, дающий оперативные команды.

Математическую модель применяют в производстве следующим образом. В период вегетации культуры систематически отбирают образцы почвы и растений и результаты экспресс-анализа тут же передают на электронно-вычислительную машину (ЭВМ), в памяти которой заложена математическая модель кукурузы. Машина быстро сравнивает полученные результаты с показателями модели на данный период и выдает команду на корректировку, т. е. приведение почвенных условий в соответствие с теми, которые предусмотрены в модели на запрограммированный урожай, иными словами, выдает команду на выполнение нужного агроприема.

Применение метода программирования урожая кукурузы способствует хорошей организации полевых работ, поскольку позволяет оперативно, с помощью ЭВМ, регулировать и контролировать весь технологический процесс ухода за посевами, предусмотренный сетевым графиком (рис. 3), и формированию заданной продуктивности. Однако в этом случае нужна своевременная и достоверная информация ЭВМ. Необходима служба программирования урожая в областях, краях, республиках, а также в районах и хозяйствах. В комплексе с агрохимической лабораторией этих подразделений специальная служба программирования становится частью автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) получения заданных урожаев кукурузы, которая включает ряд служб. Бригада наблюдателей регулярно отбирает почвенные и растительные образцы, а также контро-

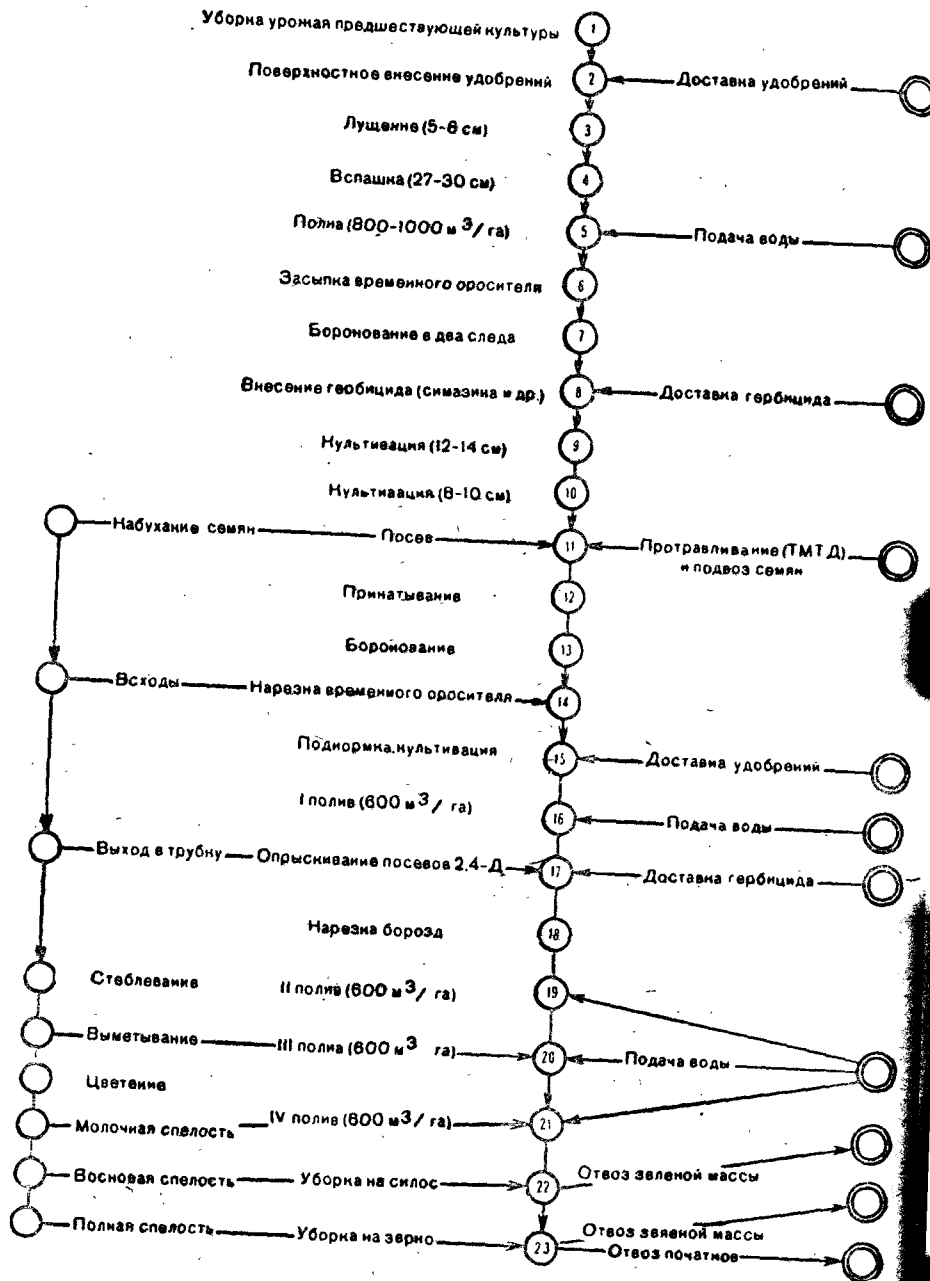


Рис. 3. Сетевой график возделывания кукурузы (Волгоградский СХИ)

дирует проведение заданных агромероприятий. Она состоит из агронома, техника и водителя и обслуживает 3—4 тыс. га. Агрохимическая лаборатория осуществляет экспресс-анализы образцов почвы и передает информацию в вычислительный центр. В вычислительном центре оперативно обрабатывают информацию по каждому полю (участку) и, используя математические модели посева, а также метеопрогноз, определяют оптимальные сроки и нормы подкормок, культиваций и обработок гербицидами, обеспечивающих получение заданных урожаев. Результаты расчетов немедленно доводят до хозяйств, а оперативную сводку о ходе работ в них передают в районные и вышестоящие областные организации. Через 7—10 дней расчеты повторяют с учетом сложившихся и прогнозируемых метеословий и фактического положения дел в хозяйствах. Образцы почвы и растений отбирают через каждые 20—30 дней.

Такой порядок работы системы позволяет не только оперативно управлять процессом формирования урожая, но и жестко контролировать своевременность и качество выполнения работ, предусмотренных технологией получения запрограммированных урожаев кукурузы.

Организация службы программирования представляет собой новый уровень технологического процесса сельскохозяйственного производства. Она позволяет в 1,5—2 раза повысить урожай зерна и зеленой массы кукурузы.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Фотосинтез — основной и решающий процесс питания растений, в результате которого аккумулируется вся химическая энергия различных органических соединений. Минеральное и водное питание рассматриваются и оцениваются лишь в той мере, в какой они обеспечивают оптимальную фотосинтетическую деятельность растений кукурузы в посевах различной продуктивности. Представляют интерес общие теоретические урожаи этой культуры при максимальном усвоении ФАР. Подсчитано, что если бы в растительном организме энергия использовалась только на синтез органического вещества, т. е. на ассимиляцию, и не было бы диссимиляции, или процессов дыхания, то растения в биомассе аккумулировали бы 28% ФАР. Это повысило бы современные урожаи в 60—80 раз, что практически невозможно. Наиболее реальные коэффициенты использования падающей на посевы ФАР 16—21%, или увеличение урожаев в 40—50 раз. Таким образом, резервы повышения урожаев очень велики, хотя и безграничны.

В основной зоне возделывания кукурузы на зерно за период вегетации различных по скороспелости гибридов приход ФАР составляет 28—36,5 ккал/см², или 2,8—3,65 млрд. ккал/га. Если за период вегетации среднеспелого гибрида приход ФАР составляет

114 Возможный урожай сухой биомассы кукурузы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами в южных районах РСФСР, ц/га

Приход ФАР, ¹ ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %													
	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
28,0	34,1	51,2	68,3	85,4	102,4	119,5	136,6	153,6	170,7	187,8	204,9	221,9	239,0	256,1
28,5	34,7	52,1	69,5	86,9	104,3	121,6	139,0	156,4	173,8	191,1	208,5	225,9	243,3	260,7
29,0	35,4	53,0	70,7	88,4	106,1	123,8	141,5	159,1	176,8	194,5	212,2	229,9	247,5	265,2
29,5	36,0	54,0	71,9	89,9	107,9	125,9	143,9	161,9	179,9	197,9	215,8	233,8	251,8	269,8
30,0	36,6	54,9	73,2	91,5	109,7	128,0	146,3	164,6	182,9	201,2	219,5	237,8	256,1	274,4
30,5	37,2	55,8	74,4	93,0	111,6	130,2	148,8	167,4	186,0	204,6	223,2	241,8	260,4	279,9
31,0	37,8	56,7	75,6	94,5	113,4	132,3	151,2	170,1	189,0	207,9	226,8	245,7	264,6	283,5
31,5	38,4	57,6	76,8	96,0	115,2	134,4	153,6	172,9	192,1	211,3	230,5	249,7	268,9	288,1
32,0	39,0	58,5	78,0	97,5	117,1	136,6	156,1	175,6	195,1	214,6	234,1	253,6	273,1	292,7
32,5	39,6	59,4	79,3	99,1	118,9	138,7	158,5	178,3	198,2	218,0	237,8	257,6	277,4	297,2
33,0	40,2	60,4	80,5	100,6	120,7	140,8	161,0	181,1	201,2	221,3	241,5	261,6	281,7	301,8
33,5	40,8	61,3	81,7	102,1	122,6	143,0	163,4	183,8	204,3	224,7	245,1	265,5	286,0	306,4
34,0	41,5	62,2	82,9	103,6	124,4	145,1	165,8	186,6	207,3	228,0	248,8	269,5	290,2	311,0
34,5	42,1	63,1	84,1	105,2	126,2	147,2	168,3	189,3	210,4	231,4	252,4	273,5	294,5	315,5
35,0	42,7	64,0	85,4	106,7	128,0	149,4	170,7	192,1	213,4	234,7	256,1	277,4	298,8	320,1
35,5	43,3	64,9	86,6	108,2	129,9	151,5	173,2	194,8	216,4	238,1	259,8	281,4	303,0	324,7
36,0	43,9	65,8	87,8	109,7	131,7	153,6	175,6	197,6	219,5	241,5	263,4	285,4	307,3	329,3
36,5	44,5	66,8	89,0	111,3	133,5	155,8	178,0	200,3	222,5	244,8	267,2	289,3	311,6	333,8

168 Особенности программирования продуктивности полевых культур

115. Возможный урожай зерна кукурузы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами в южных районах РСФСР, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %													
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	3,25	3,50	3,75
28,0	16,6	24,9	33,1	41,4	49,7	58,0	66,3	74,6	82,9	91,2	99,4	107,7	116,0	124,3
28,5	16,9	25,3	33,7	42,2	50,6	59,0	67,5	75,9	84,4	92,8	101,2	109,7	118,1	126,5
29,0	17,2	25,7	34,3	42,9	51,5	60,1	68,7	77,2	85,8	94,4	103,0	111,6	120,2	128,8
29,5	17,5	26,2	34,9	43,7	52,4	61,1	69,8	78,6	87,3	96,0	104,8	113,5	122,2	131,0
30,0	17,8	26,6	35,5	44,4	53,3	62,2	71,0	79,9	88,8	97,7	106,6	115,4	124,3	133,2
30,5	18,0	27,1	36,1	45,1	54,2	63,2	72,2	81,2	90,3	99,3	108,3	117,4	126,4	135,4
31,0	18,3	27,5	36,7	45,9	55,0	64,2	73,4	82,6	91,8	101,0	110,1	119,3	128,5	137,6
31,5	18,6	27,9	37,3	46,9	55,9	65,3	74,6	83,9	93,3	102,6	111,9	121,2	130,5	139,9
32,0	18,9	28,4	37,9	47,4	56,8	66,3	75,8	85,2	94,5	104,2	113,6	123,1	132,6	142,1
32,5	19,2	28,9	38,5	48,1	57,7	67,3	77,0	86,6	96,2	105,8	115,4	125,1	134,7	144,3
33,0	19,5	29,3	39,1	48,8	58,6	68,4	78,1	87,9	97,7	107,4	117,2	127,0	136,7	146,5
33,5	19,8	29,7	39,7	49,6	59,5	69,4	79,3	89,2	99,2	109,1	119,0	128,9	138,8	148,7
34,0	20,1	30,2	40,2	50,3	60,4	70,4	80,5	90,6	100,6	110,7	120,8	130,8	140,9	151,0
34,5	20,4	30,6	40,8	51,1	61,3	71,5	81,7	91,9	102,1	112,3	122,5	132,7	143,0	153,2
35,0	20,7	31,1	41,4	51,8	62,2	72,5	82,9	93,9	103,6	114,0	124,3	134,7	145,0	155,4
35,5	21,0	31,5	42,0	52,5	63,0	73,5	84,1	94,6	105,1	115,6	126,1	136,6	147,1	157,6
36,0	21,3	32,3	42,6	53,3	63,9	74,6	85,2	95,9	106,6	117,2	127,9	138,5	149,2	159,8
36,5	21,6	32,4	43,2	54,0	64,8	75,6	86,4	97,2	108,0	118,8	129,6	140,4	151,2	162,1

169 Кукуруза

3,25 млрд. ккал/га, то при усвоении ее растениями на 3% в урожае аккумулируется 97,5 млн. ккал/га солнечной энергии (3,25 млрд. 3% : 100%). Калорийность кукурузы по органам составляет: листостебельной массы — 4000, початков — 4100 ккал/кг. При сжигании 1 кг целого растения выделяется 4100 ккал. В общей биомассе кукурузы на зерно приходится 45, листостебельную массу — 55%. Для гибридов с таким соотношением зерна и побочной продукции (1:1,22) $K_m = 0,448$ при расчете урожая абсолютно сухого зерна или $K_m = 0,521$ — зерна 14%-ной влажности. Аккумулированной в урожае энергии 97,5 млн. ккал/га соответствует сбор 237,8 ц/га (97,5 млн.: 4100 ккал/га) абсолютно сухой биомассы кукурузы (табл. 114), или 115,4 ц/га зерна (табл. 115).

$$Y = 10^4 \cdot 3\% \cdot 0,521 \frac{32,5 \text{ ккал/см}^2}{4400 \text{ ккал/кг}} = 115,4 \text{ ц/га зерна.}$$

За период вегетации раннеспелых гибридов кукурузы приход ФАР составляет 28—31 ккал/см². При усвоении ее посевами на 0,5—3,75% возможны урожай зерна 16,6—137,6 ц/га. Среднеспелым гибридам соответствует приход ФАР от 31,5 до 33,5 ккал/см² и сбор зерна — от 18,6 до 148,7 ц/га. Наибольшее количество солнечной энергии (34—36,5 ккал/см²) приходит на посевы позднеспелых гибридов, что и определяет их высокую продуктивность (20,1—162,1 ц/га зерна). Раннеспелые гибриды за период вегетации дают 170—1417 ц/га зеленой массы, среднеспелые — 192—1532 и позднеспелые — 207—1669 ц/га (табл. 116). При уборке всей массы в молочно-восковой спелости для приготовления моноорма в ней содержится 83—810 ц/га зерна 80%-ной влажности (табл. 117), что может быть использовано при составлении рационов.

В более северных районах приход ФАР колеблется от 19 до 27,5 ккал/см². Здесь кукурузу нужно возделывать главным образом на зеленую массу. По приходу ФАР в этих районах можно получать 23,2—251,5 ц/га абсолютно сухой биомассы (табл. 118), или 116—1257 ц/га зеленой (табл. 118—119).

Наиболее объективным и точным критерием для оценки продуктивности кукурузы должен стать коэффициент использования солнечной энергии. При современном уровне развития науки и укреплении ее связи с производством, а также возможностях высококомеханизированного и автоматизированного орошаемого земледелия, при внедрении гибридов интенсивного типа, достаточном количестве минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений вполне реальными в производственных условиях коэффициентами использования ФАР следует считать 3,5—4%. Особое значение в этой связи приобретают климатические данные, а также долгосрочные прогнозы тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода. Это объясняется тем, что

116. Возможный урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами в зоне орошаемого кукурузосеяния юга РСФСР, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %													
	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
28,0	170	256	341	427	512	597	683	768	853	939	1024	1109	1195	1280
28,5	173	260	347	434	521	608	695	782	869	955	1042	1129	1216	1303
29,0	177	265	353	442	530	619	707	795	884	972	1061	1149	1237	1326
29,5	180	270	359	449	539	629	719	809	899	989	1079	1169	1259	1349
30,0	183	274	366	457	548	640	731	823	914	1006	1097	1188	1280	1372
30,5	186	279	372	465	558	651	744	837	930	1023	1116	1209	1302	1395
31,0	189	283	378	472	567	661	756	850	945	1039	1134	1228	1323	1417
31,5	192	288	384	480	576	672	768	864	960	1056	1152	1248	1344	1440
32,0	195	292	390	487	585	683	780	878	975	1073	1170	1268	1365	1463
32,5	198	297	396	495	594	693	792	891	991	1090	1189	1288	1387	1486
33,0	201	302	402	503	603	704	805	905	1006	1106	1207	1308	1408	1509
33,5	204	306	408	510	613	715	817	919	1021	1123	1225	1327	1430	1532
34,0	207	311	414	518	622	725	829	933	1036	1140	1244	1347	1451	1555
34,5	210	315	420	526	631	736	841	946	1052	1157	1262	1367	1472	1577
35,0	213	320	427	533	640	747	853	960	1067	1173	1280	1387	1494	1600
35,5	216	324	433	541	649	757	866	974	1082	1190	1299	1407	1515	1623
36,0	219	329	439	548	658	768	878	988	1097	1207	1317	1427	1536	1646
36,5	222	334	445	556	667	779	890	1001	1112	1224	1336	1446	1558	1669

117. Возможный урожай зерна (80%-ной влажности) кукурузы, убираемой на монокультуре, в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами в зоне орошаемого земледелия юга РСФСР, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %													
	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
28,0	83	124	165	207	248	290	331	373	414	456	497	538	580	621
28,5	84	126	168	211	253	296	337	379	422	464	506	548	590	632
29,0	86	128	171	214	257	300	343	386	429	472	515	558	600	644
29,5	87	131	174	218	262	305	349	393	436	480	524	567	611	655
30,0	89	133	177	222	266	311	355	399	444	488	533	577	621	666
30,5	90	135	180	225	271	316	361	406	451	496	541	587	632	677
31,0	91	138	183	229	275	321	367	413	459	505	550	596	642	688
31,5	93	139	186	233	279	326	373	419	466	513	559	606	652	699
32,0	94	142	189	237	284	331	379	426	473	521	568	615	663	710
32,5	96	144	192	240	288	336	385	433	481	529	577	625	673	721
33,0	97	146	195	244	293	342	390	439	488	537	586	635	683	732
33,5	99	148	198	248	297	347	396	446	496	545	595	644	694	743
34,0	100	151	201	251	302	352	402	453	503	553	604	654	704	755
34,5	102	153	204	255	306	357	408	459	510	561	612	663	715	766
35,0	103	155	207	259	311	362	414	466	518	570	621	673	725	777
35,5	105	157	210	262	315	367	420	473	525	578	630	683	735	788
36,0	106	160	213	266	319	373	426	479	533	586	639	692	746	799
36,5	108	162	216	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810

118. Возможный урожай сухой биомассы кукурузы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами в северных районах РСФСР, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %													
	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
19,0	23,2	34,7	46,3	57,9	69,5	81,1	92,7	104,3	115,8	127,4	139,0	150,6	162,2	173,8
19,5	23,8	35,7	47,6	59,4	71,3	83,2	95,1	107,0	118,9	130,8	142,7	154,6	166,5	178,3
20,0	24,5	36,6	49,0	61,0	73,2	85,4	97,6	109,7	121,9	134,1	146,3	158,5	170,7	182,9
20,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0	112,5	125,0	137,5	150,0	162,5	175,0	187,5
21,0	25,6	38,4	51,2	64,0	76,8	89,6	102,4	115,2	128,0	140,8	153,7	166,5	179,3	192,1
21,5	26,2	39,3	52,4	65,5	78,7	91,8	104,9	118,0	131,1	144,2	157,3	170,4	183,5	196,6
22,0	26,8	40,2	53,6	67,1	80,5	93,9	107,3	120,7	134,1	147,6	161,0	174,4	187,8	201,2
22,5	27,4	41,1	54,9	68,6	82,3	96,0	109,7	123,5	137,2	150,9	164,6	178,3	192,1	205,8
23,0	28,0	42,1	56,1	70,1	84,1	98,2	112,2	126,2	140,2	154,3	168,3	182,3	196,3	210,4
23,5	28,6	43,0	57,3	71,6	86,0	100,3	114,6	129,0	143,3	157,5	171,9	186,3	200,6	214,9
24,0	29,3	43,9	58,5	73,2	87,8	102,4	117,1	131,7	146,3	161,0	175,6	190,2	204,8	219,5
24,5	29,9	44,8	59,7	74,7	89,6	104,6	119,5	134,4	149,4	164,3	179,3	194,2	209,1	224,1
25,0	30,5	45,7	61,0	76,2	91,5	106,7	121,9	137,2	152,4	167,7	182,9	198,2	213,4	228,6
25,5	31,1	46,6	62,2	77,7	93,3	108,8	124,4	139,9	155,5	171,0	186,6	202,1	217,7	233,2
26,0	31,7	47,6	63,4	79,3	95,1	111,0	126,8	142,7	158,5	174,4	190,2	206,1	221,9	237,8
26,5	32,3	48,5	64,6	80,8	96,9	113,1	129,3	145,4	161,6	177,7	193,9	210,1	226,2	242,4
27,0	32,9	49,4	65,8	82,3	98,8	115,2	131,7	148,2	164,7	181,1	197,5	215,0	230,5	247,0
27,5	33,5	50,3	67,1	83,8	100,6	117,4	134,1	150,9	167,7	184,4	201,2	218,0	234,7	251,5

ный урожай в сложных погодных условиях, добиваться высокого коэффициента усвоения ФАР, отвечающего почвенно-климатическим условиям конкретного региона.

Например, в условиях Кабардино-Балкарской АССР за период вегетации раннеспелых гибридов кукурузы на каждый гектар посева приходит в среднем 2,95 млрд. ккал, или 29,5 ккал/см², среднеспелых — 3,15, или 31,5, и позднеспелых — 3,4 млрд. ккал, или 34 ккал/см². Доля зерна в общей биомассе составила для раннеспелых гибридов $K_m = 0,467$, среднеспелых — 0,458 и позднеспелых — 0,450. В таблице 120 приведены величины возможных урожаев кукурузы с различной длиной вегетационного периода.

Анализ использования почвенно-климатических ресурсов растениями кукурузы по агроклиматическим районам показал, что фактический урожай ($Y_f = 53,4$ ц/га) в среднем составляет 47,9% от потенциально возможного урожая ($Y_n = 111,6$ ц/га), уровень которого принят равным усвоению 3% ФАР, приходящейся по районам. Коэффициент использования ФАР колеблется от 1,25 до 1,66%, что на 1,75—1,34% ниже заданного уровня (табл. 121). Например, в I агроклиматическом районе при $Y_f = 55,4$ ц/га зерна, $Q_{фар} = 32,5$ ккал/см², $q = 4000$ ккал/кг, $K_m = 0,45$ использовалось всего 1,51% ФАР.

$$\eta = \frac{Y_f q}{10^4 K_m Q_{фар}} = \frac{55,4 \text{ ц/га} \cdot 4000 \text{ ккал/кг}}{10^4 \cdot 0,45 \cdot 32,5 \text{ ккал/см}^2} = 1,51\%.$$

При потенциальном урожае 114,7 ц/га зерна в V агроклиматическом районе фактически собрано 51,3 ц/га, или почвенно-климатические ресурсы хозяйств района использованы всего на 44,7% (51,3 ц/га : 114,7 ц/га · 100%).

121. Уровень использования ФАР посевами кукурузы по агроклиматическим районам Кабардино-Балкарской АССР

Агроклиматический район	Приход ФАР, ккал/см ²	Потенциальный урожай при усвоении 3% ФАР, ц/га	Фактический урожай зерна, ц/га	$\frac{Y_f}{Y_n}, \%$	Фактический коэффициент использования ФАР, %
I	32,5	109,7	55,4	50,5	1,51
II	34,0	114,7	63,5	55,4	1,66
III	34,0	114,7	49,7	43,3	1,30
IV	31,5	106,2	48,3	45,5	1,36
V	34,0	114,7	51,3	44,7	1,34
VI	33,0	111,4	60,1	54,0	1,62
VII	32,5	109,7	45,7	41,7	1,25

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Количество продуктивной для растений влаги в зоне кукурузосеяния колеблется в значительных пределах: от 200 до 575 мм. В зависимости от зоны возделывания на 1 ц абсолютно сухой биомассы кукуруза затрачивает 200—750 ц воды. При этих показателях с каждого гектара за счет запасов влаги можно получить 13,9—150,4 ц зерна кукурузы (табл. 122). Эти расчеты показывают, что при наличии 425 мм продуктивной влаги при $K_w = 400$ можно собрать 55,6 ц/га зерна, а при $K_w = 625$ —35,6 ц/га, т. е. при одном и том же водоснабжении разница в урожае достигает 20 ц/га. Физические причины столь высоких значений коэффициентов водопотребления заключается в очень напряженных энергетических и материальных балансах листьев кукурузы.

Затраты воды на единицу урожая по энергетическому балансу листа можно определить следующим образом. При средней интенсивности света лист кукурузы освещается потоком солнечной радиации с интенсивностью в 0,6 ккал/см²·мин, или 360 ккал/м²·ч (0,6·60 мин), 45% из которых, или 162 ккал/м²·ч (360·0,45), приходится на долю фотосинтетически активных лучей (0,38—0,71 мкм) и 198 ккал/м²·ч (360—162)—инфракрасных (свыше 0,71 мкм).

Лист поглощает до 85% фотосинтетических активных лучей, или 138 ккал/м²·ч (162·0,85), а инфракрасных — 25%, или 79 ккал/м²·ч (198·0,25). В сумме он должен поглощать в среднем 55% лучей (85% + 25% = 110% : 2), или 198 ккал/м²·ч (360·0,55). При этом на фотосинтез используется 1,8—2,3% энергии поглощенной радиации, или 3,56 (198·1,8% : 100%)—4,55 (198·2,3 : 100%) ккал/м²·ч.

Теплота сгорания 1 кг биомассы кукурузы составляет 4100 ккал. При этих условиях в процессе фотосинтеза лист образует 0,87 (3,56 ккал/м²·ч : 4100 ккал/кг)—1,11 г (4,55 ккал/м²·ч : 4100 ккал/кг) органического вещества или за вычетом затрат на дыхание — 0,7—0,9 г. В условиях хорошего водоснабжения вся остальная часть 162 ккал/м²·ч (360—198) не поглощенной растениями энергии превращается в тепло и вызывает испарение влаги.

На испарение 1 кг воды расходуется 586 ккал тепла. Если при образовании 0,7—0,9 г органического вещества лист использовал 198 ккал, то он испарил 338 г воды (198 ккал : 586 ккал/кг), или в 375 (338 г : 0,9) — 483 (338 г : 0,7) раза больше, чем образовалось сухой биомассы.

Коэффициенты водопотребления кукурузы 375—483 рассчитаны при данных условиях освещенности листа.

Таким образом, фотосинтетический аппарат растений обладает существенной особенностью: листья содержат такое количество хлорофилла, которое обуславливает высокий коэффициент поглощения энергии солнечной радиации (до 85% энергии фотосин-

223. Возможный урожай, зеленой массы кукурузы в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га *

K _в	Количество продуктивной для растений влаги, мм																
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600
200	333	375	417	458	500	541	583	625	667	708	750	791	833	875	917	958	1000
225	296	333	370	407	444	481	518	555	593	630	667	704	741	778	815	852	889
250	267	300	333	367	400	433	467	500	533	567	600	633	667	700	733	767	800
275	242	273	303	333	364	394	424	455	485	515	545	576	606	636	667	697	728
300	222	250	278	306	333	362	390	418	445	473	500	528	555	583	611	638	666
325	205	231	256	282	307	333	358	384	410	435	461	487	513	538	564	589	614
350	190	214	238	262	286	310	334	358	381	405	429	453	476	500	524	548	572
375	178	200	222	244	266	288	310	332	355	377	400	422	445	467	489	511	533
400	167	187	208	229	250	270	291	312	333	354	375	396	417	437	458	479	500
425	157	176	196	215	235	254	274	294	314	333	353	372	392	411	431	450	470
450	148	167	185	204	222	241	259	277	296	315	333	352	370	389	407	426	444
475	140	158	175	193	210	228	245	263	281	298	316	334	351	369	386	404	421
500	133	150	167	183	200	217	234	250	267	283	300	316	333	350	367	383	400
525	127	143	159	175	190	206	222	238	254	270	286	302	317	333	349	365	381
550	121	136	151	167	182	197	212	227	242	258	273	288	303	318	333	348	364
575	116	130	145	159	174	188	203	217	232	246	261	275	290	304	319	333	348
600	111	125	139	153	167	181	195	209	222	236	250	264	278	292	306	319	333
625	106	120	133	147	160	174	187	200	213	227	240	254	267	281	294	308	321
650	102	115	128	141	154	167	179	192	205	218	231	244	256	269	282	294	307
675	98	111	123	136	148	161	173	185	197	210	222	235	247	260	272	285	297
700	95	107	119	131	143	155	167	179	190	202	214	226	238	250	262	274	286
725	92	103	115	126	138	149	161	172	184	195	207	218	230	241	253	264	276
750	89	100	111	122	133	144	155	166	178	189	200	211	222	233	244	255	266

* При содержании в зеленой массе 70% влаги.

рек»—59,7 (304 : 497·100) и «Прохладный»—60,1 (274 мм : 496 мм · 100%). Однако высокие температуры и низкая относительная влажность воздуха в июне—августе вызвали сильное испарение влаги из почвы, особенно когда еще не сформировалась достаточная площадь листьев. При этом непроизводительные расходы влаги составляли в предгорной зоне 20—27%, в степной—30% и более. Эта влага прямого участия в формировании урожая не принимает, но оказала на него косвенное влияние, снизив отрицательное воздействие высоких температур. Например, в годы исследований в ближайших к г. Нальчику Баксанском, Урванском и Чегемском районах за период вегетации кукурузы выпало 418 мм осадков, 25—27% из которых, или 104—114 мм (418 мм · 27% : 100%), не использовалось посевами. Продуктивная влага составила 304 мм (418—114), или 3040 м³/га. При расходе воды 600 ц на 1 ц зерна этого количества влаги достаточно для формирования урожая 50,7 ц/га. Расчет проводили по формуле (4)

$$Y_T = \frac{100 \cdot 304 \text{ мм}}{600 \text{ мм} \cdot \text{га/ц}} = 50,7 \text{ ц/га зерна.}$$

Эта формула использована для определения величины $У_t$ кукурузы по наличию продуктивной влаги по агроклиматическим районам республики. В исследуемом году выпало такое количество осадков, продуктивная часть которых обеспечила урожай зерна 41,7—64,2 ц/га (табл. 124).

Урожай, рассчитанный по влагообеспеченности, является критерием, наиболее полно отражающим климатические ресурсы данного региона, а фактический урожай, сформированный за счет естественных осадков,—уровень использования этих ресурсов. Если вместо рассчитанных 50,7 ц/га зерна в I агроклиматическом районе на богаре будет собрано только 35 ц/га, то уровень использования климатических ресурсов составит 69% (35 ц/га : 50,7 ц/га · 100%).

Определив урожай по продуктивным для растений осадкам, нетрудно рассчитать оросительную норму на заданную прибавку урожая. Если программируется собрать 100 ц/га зерна кукурузы, то в I агроклиматическом районе при поливах должно быть получено дополнительно 49,3 ц/га зерна (100 ц/га—50,7) за счет естественного увлажнения. На эту прибавку оросительная норма составит 29 580 ц/га (49,3 ц/га·600), или 2958 м³/га. Подача дополнительной воды на прибавку урожая создает режим оптимальной влагообеспеченности орошаемого поля, а коэффициент использования влагозапасов достигает единицы. Суммарное водопотребление для получения 100 ц/га зерна составит 6000 м³/га (3042 м³/га+2958 м³/га), или 600 мм/га. Формула (4) приобретает следующий вид:

$$U_T = \frac{100(W + N_{op})}{K}, \quad (48)$$

где N_{op} — оросительная норма, мм/га.

124. Оценка природно-климатических ресурсов урожайности кукурузы по районам Кабардино-Балкарской АССР

Агрокли-матиче-ский район	Головные осадки, мм	Непроизводительные расходы осадков на испарение		Продуктивная влага осадков, мм	Коэффициент влагопотребления, K_T	Урожай зерна за счет естественных осадков, ц/га	Оросительная норма, м ³ /га	Урожай зерна, ц/га			Отклонение фактического урожая от расчетного, ц/га
		%	мм					по поливной воде	по влагообеспеченности и полной воде	фактический на запрограммированных посевах	
I	418	25	104	304	600	50,7	1722	28,7	79,4	84,8	+5,8
II	442	30	133	309	630	49,0	2400	38,1	87,1	85,9	-1,2
III	376	30	113	263	630	41,7	2554	40,5	82,2	80,6	-1,6
IV	418	30	125	293	580	50,5	650	11,2	61,7	58,8	-2,9
V	442	30	133	309	630	49,0	3500	55,6	104,6	100,3	-4,3
VI	418	25	104	304	590	51,5	1100	18,6	70,1	74,4	+4,3
VII	418	20	84	334	520	64,2	1000	19,2	83,4	82,5	-0,9

Применительно к условиям I агроклиматического района урожай зерна кукурузы по суммарному водопотреблению должен составить:

$$Y_T = \frac{100(304,2 \text{ мм/га} + 172,2 \text{ мм/га})}{600 \text{ мм} \cdot \text{га/ц}} = 79,4 \text{ ц/га},$$

так как вместо 2958 м³/га воды в исследуемом году в хозяйствах района оросительная норма была всего 1722 м³/га. Фактически на запрограммированных посевах получили 84,8 ц/га зерна, что на 5,4 ц/га, или на 6,8%, выше расчетного. Весьма незначительные отклонения отмечались и по другим агроклиматическим районам. Доля зерна, сформированного за счет естественных осадков, составила по районам, % от фактического урожая: I—60, II—57, III—51,7, IV—85,9, V—48,8, VI—69,2 и VII—77,8. В IV агроклиматическом районе около 86% урожая сформировалось за счет осадков. Небольшая оросительная норма (650 м³/га) позволила собрать дополнительно всего 11,2 ц/га зерна (6500 ц/га воды: 520) при общем сборе 55,8 ц/га, в то время как для получения 100 ц/га требовалось подать с поливом не менее 2000 м³/га воды.

Анализ климатических ресурсов Кабардино-Балкарской АССР показывает, что получение гарантированных урожаев зерна кукурузы в 100 ц/га на орошаемых землях возможно лишь при заданном режиме влагообеспеченности, который складывается из продуктивных осадков и поливов оросительной нормой от 2—2,5 тыс. м³/га в предгорной зоне до 3—3,8 м³/га — в степных районах.

Учет урожая с запрограммированных посевов, проведенных в 16 хозяйствах 39 кукурузоводческих звеньев, показал, что расхождение между потенциальным и фактическим урожаем при орошении значительно уменьшилось и отношение фактического урожая к программному составило в среднем 73,2%. В некоторых хозяйствах с запрограммированных посевов собрали по 100 ц/га и более зерна кукурузы. Уровень использования природно-климатических ресурсов достиг почти 90%. Коэффициент усвоения солнечной энергии на этих посевах равнялся в среднем по республике 2,21% при программе 3% и средней урожайности 82 ц/га зерна.

Фактический урожай оказался значительно ниже не только вследствие неоптимальности метеорологических условий, но и из-за низкого плодородия некоторых участков, неудовлетворительного качества семенного материала, нарушения агротехники (заниженных или слишком завышенных норм высева, засоренности полей, поражения растений болезнями и вредителями, а также потерь при уборке урожая).

Для получения высоких устойчивых урожаев кукурузы необходимо внедрение оптимальных режимов орошения этой культуры. В таблице 125 приведены оросительные нормы кукурузы в зоне ее возделывания.

125. Режимы орошения кукурузы, возделываемой на зерно

Количество осадков, мм	Оросительная норма, м³/га	Влагозарядковый полив, м³/га	Вегетационные поливы, м³/га				
			1-й (7-8-й лист)	2-й (выметывание)	3-й (выметывание)	4-й (цветение)	5-й (молочная спелость)
150	4320	1200	620	650	700	650	500
160	4220	1200	550	650	700	620	500
170	4120	1200	550	620	650	600	500
180	4020	1200	550	620	650	550	450
190	3920	1200	520	550	650	550	450
200	3820	1200	520	550	600	550	400
210	3720	1200	520	550	600	500	350
220	3620	1200	470	550	600	450	350
230	3520	1200	420	500	600	450	350
240	3420	1200	370	500	600	450	300
250	3320	1200	320	500	550	450	300
260	3220	1200	320	500	500	400	300
270	3120	1200	270	500	500	350	300
280	3020	1200	—	620	700	500	—
290	2920	1200	—	570	650	500	—
300	2820	1200	—	520	650	450	—
310	2720	1200	—	470	600	450	—
320	2620	1200	—	420	600	400	—
330	2520	1200	—	370	550	400	—
340	2420	1200	—	320	550	350	—
350	2320	1200	—	320	500	300	—
360	2220	1100	—	320	500	300	—
370	2120	1000	—	320	500	300	—
380	2020	900	—	320	500	300	—
390	1920	900	—	270	500	250	—
400	1820	900	—	—	650	250	—

Величину суммарного водопотребления (E_0) рассчитывают отношением радиационного баланса (R_6) за период вегетации кукурузы к теплоте испарения (T_n). За R_6 принимают количество ФАР, приходящее за период посев — полная спелость. У позднеспелых гибридов кукурузы R_6 составляет 3,41 млрд. ккал/га. Суммарное водопотребление рассчитывают по формуле

$$E_0 = \frac{0,1R_6}{T_n} = \frac{0,1 \cdot 3410 \text{ млн. ккал/га}}{586 \text{ ккал/га}} = 582 \text{ мм, или } 5820 \text{ м}^3/\text{га}. \quad (49)$$

Зная количество осадков, выпадаемых за период вегетации кукурузы, можно определить оросительную норму (N_{op}) по формуле (7). Например, за период вегетации выпадает 220 мм, или 2200 м³/га, осадков. Тогда оросительная норма составит: $N_{op} = 5820 \text{ м}^3/\text{га} - 2200 \text{ м}^3/\text{га} = 3620 \text{ м}^3/\text{га}$.

Оросительная норма распределяется на поливные нормы, при этом учитывают биологические свойства гибридов. При выпадении 220 мм осадков запрограммированный урожай кукурузы обеспечивается, когда первый вегетационный полив проводят в фазу семи-восьми листьев поливной нормой 470 м³/га, второй — в фазу начала выметывания метелки — 550, третий — в конце выметывания метелки — 600, четвертый — в фазу цветения — 450 и пятый — в фазу молочной спелости — 350 м³/га (см. табл. 125).

Поливные нормы и сроки полива лучше определять с учетом прихода солнечной энергии и количества тепла, накапливаемого за межфазный период. Лучшие результаты обеспечивают прогностические уравнения, приведенные в таблице 126.

126. Прогностические формулы для определения водопотребления кукурузы по фазам развития

Межфазный период	Формула для прогнозирования водопотребления	Сумма температур выше 10°, °C	Водопотребление, мм/га
Посев — всходы	$E_0 = 0,251 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	162,0	40,6
Всходы — 3-4-й лист	$E_0 = 0,266 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	192,0	51,1
3-4 — 7-8-й лист	$E_0 = 0,232 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	406,9	94,3
7-8-й лист — выметывание	$E_0 = 0,202 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	708,4	143,3
Выметывание — цветение	$E_0 = 0,183 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	180,9	33,2
Цветение — молочная спелость	$E_0 = 0,183 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	438,4	80,1
Молочная — восковая спелость	$E_0 = 0,178 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	481,3	85,7
Восковая — полная спелость	$E_0 = 0,158 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	339,2	53,7
Посев — уборка	$E_0 = 0,200 \Sigma t > 10^\circ \text{C}$	2909,2	582,0

На рисунке 4 показан режим влажности почвы (1), который составлен по показателям водопотребления (2) по фазам развития (см. табл. 126). Кривые свидетельствуют о том, что с увеличением прихода солнечной энергии возрастает температура воздуха. На испарение с поверхности почвы и транспирацию через фотосинтезирующие органы затрачивается большое количество воды, расходы которой достигают значительных величин.

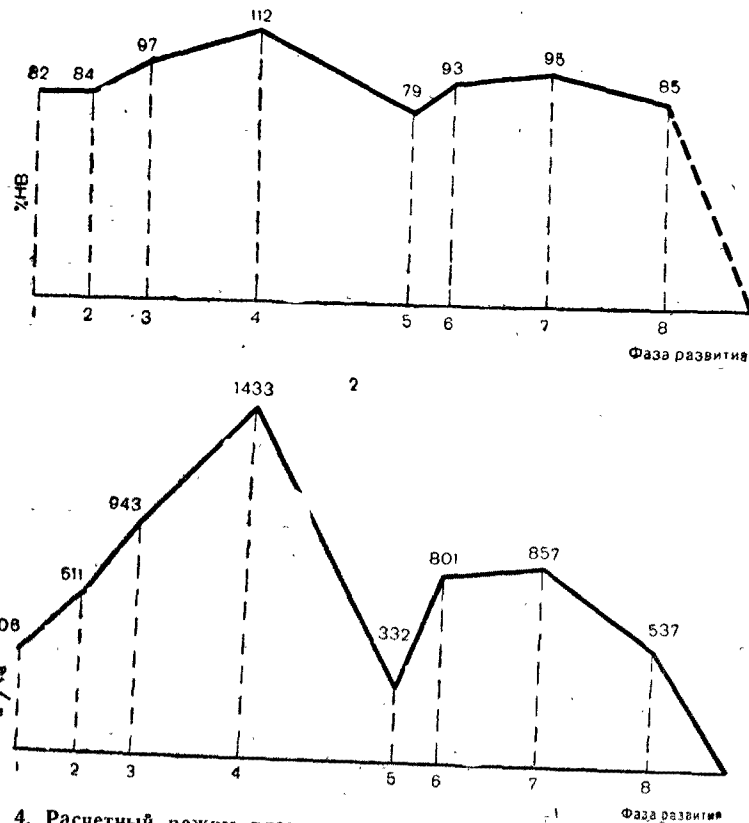


Рис. 4. Расчетный режим влажности почвы (1) и водопотребления (2) кукурузы по фазам развития:

1 — посев — всходы; 2 — всходы — 3-й лист; 3 — 3-й — 4-й лист; 4 — 4-й — 7-й лист; 5 — выметывание; 6 — выметывание — цветение; 7 — цветение — молочная спелость; 8 — молочная — восковая спелость; 9 — восковая — полная спелость

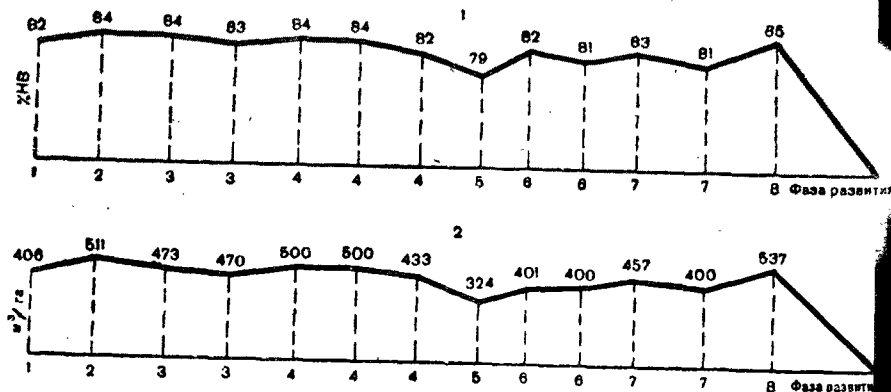


Рис. 5. Укомплектованный график режима влажности почвы (1) и водопотребления (2) кукурузы по фазам развития (фазы те же, что и на рис. 4)

При поддержании предполивной влажности почвы в слое 0—100 см не ниже 70% НВ расчетные количества воды составляют ту оптимальную влажность, которую следует формировать на посевах кукурузы по фазам ее развития.

На рисунке 5 приведен укомплектованный график режима влажности почвы (1) и водопотребления (2) кукурузы за межфазные периоды. Отсюда следует, что ранее рекомендованные режимы влажности, лежащие в интервале от 70 до 80% НВ, несколько ошибочны и не отвечают тем энергетическим напряжениям фотосинтетического аппарата, которые вызываются солнечной энергией. Для создания благоприятного режима влажности почвы для растений кукурузы его интервал следует расширить от 70 до 85% НВ. Только такой режим влажности будет соответствовать заданному графику накопления растениями биологической массы.

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

В условиях орошения кукуруза полностью реализует генетический потенциал гибрида и по сравнению с другими зерновыми культурами обеспечивает в 2—3 раза большие сборы зерна. При этом важное значение имеет правильное регулирование густоты посева изменением количества высеваемых семян, прорывкой вручную, боронованием поперек рядков при пунктирном способе посева, а также подрезанием части растений при междурядных обработках кукурузы с учетом почвенно-климатических условий региона и особенностей возделывания гибрида.

Основные показатели, которые учитывают при обосновании оптимальной густоты посева, — величина заданного урожая, площадь листьев, фотосинтетический потенциал (ФП) посева, запрограммированный выход биомассы и зерна на 1 тыс. единиц ФП, а также средний выход зерна с початка. Допустим, программируется получить 70 ц/га зерна кукурузы. Этому урожаю при $K_m=0,45$ соответствует 156 ц/га абсолютно сухой биомассы (70 ц/га : 0,45). При получении 2,7 кг зерна на 1 тыс. единиц ФП за период вегетации (T_v) 140 дней фотосинтетический потенциал составит 2,6 млн. м²/га·дн. (70 ц/га : 2,7 кг), которому будет соответствовать средняя за период вегетации площадь листьев (L_{cp}) 18,5 тыс. м²/га (2,6 млн. единиц ФП : 140 дн.), или 35,2 тыс. м²/га в фазе максимального их развития. Все эти показатели определяют по формуле (9) после ее преобразования:

$$L_{cp} = \text{ФП} : T_v \text{ и } T_v = \text{ФП} : L_{cp}$$

Если на каждом початке формируется к уборке 190 г зерна, то к этому времени необходимо иметь 36,8 тыс. продуктивных растений (70 ц/га : 190 г). К уборке сохраняется обычно около

82% взошедших после посева растений. Тогда потребуется высеять 44,9 тыс. семян/га (36,8 тыс. растений: $82\% \cdot 100\%$). Это и есть та норма семян, которая обеспечит оптимальную структуру посева с продуктивностью 70 ц/га зерна. Заблаговременное обоснование структуры посевов позволит избежать чрезмерного загущения растений, снижения продуктивности работы листьев, их взаимного затенения, избыточного выноса NPK из почвы и удобрений, быстрого отмирания листьев и др. Если питательные вещества почвы и удобрений позволяют получить 80 ц/га зерна, то нет необходимости высевать более 48,8 тыс. семян/га (табл. 127).

127. Фитометрические показатели посевов кукурузы различной продуктивности

Показатель	Заданный урожай							
	35	40	45	50	55	60	65	70
Предполагаемый урожай абсолютно сухой биомассы при $K_m = 0,45$, ц/га	78	89	100	111	122	133	144	156
Заданный выход урожая на 1 тыс. единиц ФП, кг:								
сухой биомассы	5,34	5,78	6,17	6,38	6,59	5,96	5,97	6,00
зерна	2,40	2,60	2,78	2,87	2,97	2,69	2,70	2,70
Площадь листьев, тыс. м ² /га:								
средняя за вегетацию ($L_{ср}$)	11,7	12,3	13,0	13,9	14,8	15,9	17,2	18,5
максимальная ($L_{макс}$)	26,0	26,7	27,2	28,0	29,0	30,2	32,7	35,2
Фотосинтетический потенциал (ФП), млн. м ² /га·дн.	1,46	1,54	1,62	1,74	1,85	2,23	2,41	2,60
Средний выход зерна с початка, г	160	170	170	180	190	190	190	190
Заданное количество продуктивных растений к уборке, тыс/га	21,9	23,5	26,5	27,8	30,5	31,6	34,2	36,8
Общая выживаемость растений и семян к уборке, %	84,0	83,0	83,0	82,5	82,5	82,0	82,0	82,0
Норма высева на заданный урожай зерна, тыс. семян/га	26,1	28,3	31,9	33,7	37,0	38,5	41,7	44,9

* Для урожаев в интервале 35—55 ц/га фитометрические показатели рассчитаны выше — по позднеспелым с вегетационным периодом 140 дней.

В производственных условиях этот вопрос решается пока неудовлетворительно. Посев проводят по прежним рекомендациям, предусматривающим получение оптимальных всходов без научного обоснования величины урожая, тогда как чрезмерный рост площади листьев проявляет свое положительное действие лишь до определенного уровня, а затем начинает отрицательно влиять на продуктивность посевов.

Если площадь листьев увеличивается с 35 до 48 тыс. м²/га, то урожай возрастает на 30 ц/га (100—70), или на 43%. Дальнейшее увеличение площади листьев до 55 тыс. м²/га, но при обес-

и норма высева на заданный урожай

Зерна, ц/га									
75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
167	178	189	200	211	222	233	244	255	267
6,14	6,26	6,30	6,30	6,35	6,34	6,35	6,34	6,34	6,36
2,76	2,81	2,83	2,85	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
19,4	20,3	21,4	22,5	23,7	25,0	26,2	27,5	28,7	30,0
36,9	38,6	40,7	42,8	45,1	47,5	49,8	52,2	54,5	56,9
2,72	2,84	3,00	3,15	3,32	3,50	3,67	3,85	4,02	4,20
200	200	200	210	210	220	225	225	230	230
37,5	40,0	42,5	42,8	45,2	45,4	46,7	48,9	50,0	52,2
82,0	82,0	81,7	81,7	81,3	80,9	80,5	80,5	80,0	80,0
45,7	48,8	52,0	52,4	55,6	56,1	58,0	60,7	62,5	65,3

по среднеспелым гибридам с длиной вегетационного периода 125 дней; 60 ц/га и

печенности растений НРК на получение до 100 ц/га зерна снижает урожай до 25% вследствие резкого уменьшения поглощения ФАР. Причина состоит в том, что независимо от величины площади листьев количество поступающей радиации на единицу площади посевов остается постоянным. Поэтому с увеличением ассимиляционного аппарата на каждую единицу площади будет приходиться все меньше и меньше радиации. Наконец, наступает такой момент, когда верхний ярус листьев заслоняет нижние ярусы и растения начинают испытывать радиационный голод. Во внутрь посевов поступает только рассеянная радиация, резко снижается содержание в них углеводов, нижние листья желтеют и отмирают, а урожай формируется за счет верхних листьев. Он резко падает и поэтому следует заблаговременно определить показатель фотосинтетической деятельности посевов конкретно на заданный урожай, который зависит от режима орошения и уровня обеспеченности растений элементами минерального питания.

Строго заданный посев семян пунктирными сеялками обеспечивает формирование оптимальной густоты стояния растений без ручной прорывки. При этом вносят поправки к нормам высева, приведенным в таблице 127. В отдельных случаях всхожесть семян снижается на 12—15%. При бороновании посевов по всходам в фазу двух-трех листьев уничтожается до 8—10% растений, после отрастания четырех-пяти листьев — 6—8%, при двух-трех междурядных обработках с использованием боронок и лап-отвальчиков — 6—8%. Естественная гибель растений за вегетацию достигает также 6—8%. Следовательно, изреживание посевов во время ухода составляет в среднем 26—34%, а с учетом снижения полевой всхожести семян — 38—45%. Такие данные нужно иметь по каждому полю севооборота. В случае возделывания кукурузы без орошения при недостатке влаги в почве загущение посевов, как правило, не приводит к существенному увеличению площади листьев посева. Чаще всего наблюдается даже уменьшение фотосинтетического потенциала, поскольку ограниченные запасы влаги при большом количестве растений расходуются быстрее, что ведет к преждевременному отмиранию листьев. Загущенные посевы в этом случае расходуют поглощенную энергию на фотосинтез в меньшей степени, чем разреженные. На фотосинтез используется 2—2,5% энергии от поглощенной ФАР, при этом получают 30—50 ц/га сухой или 120—200 ц/га зеленой биомассы. Загущение посева при достаточном количестве влаги в почве повышает процент усвоения ФАР.

Сопоставление массы растений с площадью листьев у различных по скороспелости гибридов показывает, что продуктивность посева, по отношению к единице площади листьев в значительной мере зависит от агрометеорологических условий в период наибольшего развития листовой поверхности (от конца листообразо-

вания до наступления фазы молочной спелости). При хорошем увлажнении почвы и среднесуточной температуре воздуха 18—25°C растительная масса накапливается наиболее интенсивно (10—12 г/дм² листовой поверхности за декаду), при температуре 10—11°C — практически прекращается. В этих условиях развиваются главным образом позднеспелые гибриды, которые не могут полностью реализовать фотосинтетический аппарат для формирования заданных урожаев. В районах Нечерноземной зоны лишь раннеспелые гибриды наиболее эффективно используют ограниченные тепловые ресурсы. Максимальная площадь листьев у них совпадает с наиболее благоприятными условиями для фотосинтеза (высокая летняя температура июля — августа — 15—20°C и интенсивная радиация близки к своему максимуму). Эти гибриды в большинстве случаев достигают молочной или восковой спелости, что повышает содержание кормовых единиц в 1 кг растительной массы по сравнению с позднеспелыми, убранными в начале формирования початков.

Для достижения высокой продуктивности раннеспелых гибридов увеличивают густоту их посева. При густоте стояния 45 тыс. растений на 1 га площадь листьев позднеспелых гибридов достигает 30, у раннеспелых — 10 тыс. м²/га, т. е. на посевах раннеспелых гибридов площадь поля используется для ассимиляции в 3 раза меньше. Поэтому в Нечерноземной зоне посевы раннеспелых гибридов с густотой стояния 45 тыс. растений на 1 га не обеспечивают высокой продуктивности зеленой массы. В северных и центральных районах Нечерноземной зоны целесообразно загущать посевы кукурузы до 160—200 тыс. растений на 1 га на почвах среднего плодородия и до 250—300 — на высокоплодородных участках. Густоту поукосных и июньских посевов эффективно доводить до 300—500 тыс. растений на 1 га. В южных районах с недостаточным количеством продуктивной влаги для получения зеленой массы с початками в молочно-восковой спелости при ранних сроках посева необходимо иметь 80 тыс. растений на 1 га. Увеличение густоты стояния выше этой нормы приводит к уменьшению доли початков в зеленой массе и снижению ее количества. В таблице 128 приведена расчетная густота стояния растений кукурузы при различных способах посева.

По данным исследований Волгоградского СХИ, при пунктирном способе посева с междурядьями 70 см норма высева кукурузы, возделываемой на силос, должна быть в пределах 100—110 тыс. семян/га. В этом случае густота посева при оптимальных температурах и влагообеспеченности в период полных всходов составляет не менее 90—95, а к уборке в фазу молочно-восковой спелости — 80—90 тыс. растений на 1 га. При такой густоте и оптимальных условиях минерального питания и увлажнения почвы формируется продуктивно ассимилирующий посев с достаточно мощным фотосинтетическим потенциалом (не менее

128. Расчетная густота стояния растений кукурузы при различных способах посева, тыс/га

Расстояние в рядке, см	Ширина междурядий, см						
	15	30	45	60	70	80	90
20	337,2	168,6	111,1	84,3	71,4	62,5	55,5
21	317,6	158,8	105,8	79,4	68,0	59,5	52,9
22	303,2	151,6	101,0	75,8	64,9	56,8	50,5
23	290,0	145,0	96,6	72,5	62,1	54,3	48,3
24	276,0	138,0	92,6	69,0	59,5	52,1	46,3
25	266,8	133,4	88,9	66,7	57,1	50,0	44,4
26	256,4	128,2	85,5	64,1	54,9	48,1	42,8
27	246,8	123,4	82,3	61,7	52,9	46,3	41,1
28	238,0	119,0	79,4	59,5	51,0	44,6	39,7
29	230,0	115,0	76,6	57,5	49,3	43,1	38,3
30	222,0	111,0	74,0	55,5	47,6	41,7	37,0

3 млн. м²/га·дн.) и КПД приходящей ФАР — 4—4,5%. Эти показатели обеспечивают получение урожая зеленой массы не менее 1000 ц/га. Если густота стояния растений средне- и позднеспелых гибридов кукурузы 50—60 тыс/га, то можно гарантировать получение запрограммированных урожаев 550—650 ц/га, 70—700—800, 80—90 тыс/га — 850—1000 ц/га.

129. Фитометрические показатели и густота посевов кукурузы на силос при различной ее продуктивности

Показатель	Программируемый урожай зеленой массы, ц/га									
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
Урожай абсолютно сухой биомассы, ц/га	50	75	100	125	150	175	200	225	250	
Выход биомассы на 1 тыс. единиц ФП, кг:										
сухой	3,17	4,50	4,50	5,71	6,79	6,80	7,41	7,99	8,55	
зеленой	12,7	18,0	22,8	27,1	24,2	27,2	29,6	31,9	34,2	
Фотосинтетический потенциал (ФП), тыс. м ² /га·дн.	1575	1666	1750	1841	2475	2574	2700	2817	2925	
Площадь листьев, тыс. м ² /га:										
средняя	22,5	23,8	25,0	26,3	27,5	29,6	30,0	31,3	32,5	
максимальная	38,0	40,4	42,5	44,8	47,2	49,6	52,0	54,2	56,6	
Густота посева, тыс. растений/га	40	60	80	100	120	140	160	180	200	

Примечание. Для урожаев зеленой массы 200—500 ц/га вегетационный период принят за 70 дней (кукурузу высевает в занятом пару), для 600—1000 ц/га — за 90 дней.

В таблице 129 приведены основные показатели фотосинтетической деятельности растений кукурузы в посевах на различные урожаи зеленой массы, которые могут быть обеспечены лишь при строгом соблюдении рассчитанных норм высева. Норму высева (кг/га) определяют по формуле

$$H = k \cdot Ч \cdot А, \quad (50)$$

где k — коэффициент поправки на полевую всхожесть;

$Ч$ — масса 1000 семян, г,

$А$ — густота стояния растений, тыс. на 1 га.

Например, для получения 700 ц/га зеленой массы нужно иметь густоту стояния растений не менее 140 тыс. на 1 га. Коэффициент поправки на полевую всхожесть составляет 1,2—1,4 (или 120—140% от расчетной нормы высева). При абсолютной массе 1000 семян 250 г необходимо высевать 42 кг/га зерна:

$$H = 1,2 \cdot 140 \text{ тыс. растений/га} \cdot 250 \text{ г} = 42 \text{ кг/га}.$$

Таким образом, густота стояния растений кукурузы — один из решающих факторов программирования ее продуктивности. Это требует постоянного контроля за количеством растений в посевах, которое можно определить по данным таблицы 130. Установив количество растений в рядке длиной 10 м, можно узнать их число на 1 га посева. Например, на расстоянии 10 м в ряду перед уборкой оказалось 35 растений, т. е. этому количеству соответствует 50 тыс. растений на 1 га.

При замене одного гибрида другим необходимо выявить биологические особенности последнего, в первую очередь густоту стояния растений. Эту работу проводят непосредственно на полях хозяйства. Испытание ряда гибридов кукурузы на потенциальную продуктивность показало, что при одинаковых условиях возделывания и уровне агротехники урожаи зерна составляют 64,6—110,9 ц/га. Общая выживаемость гибридов резко колеблется, что приводит к сильному различию в густоте стояния растений при уборке (от 29 до 48,8 тыс/га).

Для объективной оценки продуктивности гибридов определяют урожайность одного растения — выход зерна с початка. Самый высокий выход зерна наблюдается, по данным исследований, у гибридов Эльбрус 10 — 290 г и Валет МВ — 286 г. При сохранении к уборке 50 тыс. растений на 1 га эти гибриды могут дать 143—145 ц/га зерна.

Проведя испытание потенциальной и индивидуальной продуктивности растений кукурузы, для запрограммированных посевов выбирают самый высокоурожайный гибрид, обеспечивающий максимальное аккумулялирование солнечной энергии при наименьших затратах водных ресурсов и средств химизации.

130. Густота стояния растений кукурузы при ширине междурядий 70 см и различном количестве высеванных семян в рядке длиной 10 м

Количество растений в рядке, шт.	Густота стояния растений, тыс/га	Количество растений в рядке, шт.	Густота стояния растений, тыс/га	Количество растений в рядке, шт.	Густота стояния растений, тыс/га	Количество растений в рядке, шт.	Густота стояния растений, тыс/га
28	40,0	44	62,9	60	85,7	76	108,6
29	41,4	45	64,3	61	87,1	77	110,0
30	42,9	46	65,7	62	88,6	78	111,4
31	44,3	47	67,1	63	90,0	79	112,9
32	45,7	48	68,6	64	91,4	80	114,3
33	47,1	49	70,0	65	92,9	81	115,7
34	48,6	50	71,4	66	94,3	82	117,1
35	50,0	51	72,9	67	95,7	83	119,6
36	51,4	52	74,3	68	97,1	84	120,0
37	52,9	53	75,7	69	98,6	85	121,4
38	54,3	54	77,1	70	100,0	86	122,9
39	55,7	55	78,6	71	101,4	87	124,3
40	57,1	56	80,0	72	102,9	88	125,7
41	58,6	57	81,4	73	104,3	89	127,1
42	60,0	58	82,9	74	105,7	90	128,6
43	61,4	59	84,3	75	107,1	91	130,0

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ
НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Необходимые нормы удобрений на заданный урожай кукурузы на зерно или на силос рассчитывают с учетом химического состава растений, особенностей потребления ими элементов питания, а также уровня обеспеченности почвы питательными веществами.

Растения кукурузы имеют следующий химический состав: в зерне содержится 1,81% азота, 0,56 — фосфора и 0,75% калия, в листостебельной массе — соответственно 0,65; 0,26 и 1,59%. С урожаем зерна 100 ц/га кукуруза выносит 181 кг/га азота (100·1,81), 56 — фосфора (100·0,56) и 75 кг/га калия (100·0,75). При $K_m=0,45$ этому урожаю соответствует 122 ц/га листостебельной массы, с которой отчуждается из почвы 79,4 кг/га азота (122·0,65), 31,7 — фосфора (122·0,26) и 194,2 кг/га калия (122·1,59). В сумме с урожаем зерна и листостебельной массы растения выносят 260,4 кг/га азота (181+79,4), 87,7 — фосфора (56+31,7) и 269,2 кг/га калия (75+194,2). На образование 1 ц абсолютно сухого зерна и листостебельной массы они потребляют 2,6 кг азота, 0,88 — фосфора и 2,69 кг калия. В переводе на зерно 14%-ной влажности с соответствующей побочной продукцией вынос на 1 ц его составит: 3,03 кг азота, 1,02 — фосфора и 3,13 кг калия (табл. 131).

131. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае кукурузы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	1,81	0,56	0,75	2,82
в листостебельной массе	0,65	0,26	1,59	2,50
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество побочной продукции, кг				
	3,03	1,02	3,13	7,18
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,0	0,337	1,033	2,37
фосфор > > 1	2,97	1,0	3,068	2,038
калий > > 1	0,968	0,326	1,0	2,294
в процентах	42,4	14,2	43,4	100

Из каждых 100 кг вынесенных из почвы питательных веществ на долю азота приходится 42,4 кг, фосфора — 14,2 и калия — 43,4 кг. Поэтому за исходное соотношение питательных веществ $N:P_2O_5:K_2O=1:1:1$ во вносимых удобрениях нельзя принимать одинаковое количество NPK. Это не отвечает биологическим особенностям гибрида, уровню программируемого урожая, его качеству и экономному расходованию туков. Указанным требованиям наиболее соответствует расчет норм удобрений по логической схеме, когда известен уровень заданного урожая, вынос питательных веществ общей биомассой, содержание NPK в почве, коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений. В таблице 132 приведена схема расчета норм NPK на заданный урожай зерна кукурузы для орошаемых черноземных почв.

Следовательно, чтобы получить урожай зерна кукурузы 100 ц/га, потребовалось внести $N_{162}P_{123}K_{122}$, или в сумме 407 кг/га NPK. За счет элементов питания почвы на данном поле можно собрать 54,6 ц/га зерна по азоту (165,5 кг/га N:3,03 кг/ц), 57,9 — по фосфору (59,1 кг/га P_2O_5 :1,02 кг/ц) и 62,9 ц/га зерна — по калию (197 кг/га K_2O :3,13 кг/ц). Если взять наименьший урожай за счет эффективного плодородия почвы (54,6 ц/га), то при внесении 407 кг/га NPK на каждый килограмм питательного вещества можно получить 11,15 кг зерна (100—54,6:407).

Наличие разнообразных методов определения элементов минерального питания в почве затрудняет применение логического метода расчета необходимых норм NPK. В таблице 133 приведены данные по содержанию P_2O_5 и группировка по обеспеченности

132. Расчет необходимых норм питательных веществ для получения 100 ц/га зерна кукурузы на орошаемой черноземной почве

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос запрограммированным урожаем (В _{об}), кг/га	303	102	813
Содержание в почве легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой), подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) (П), мг/100 г	12,0	4,5	20,0
Коэффициент соответствия для фосфора (К _с)	—	2,222	—
Коэффициент перевода из мг/100 г в кг/га питательного вещества для черноземных почв (К _м)	—	39,4	—
Доступные для растений кукурузы запасы питательных веществ в почве (ПК _м — для N, ПК _м К _с — для P ₂ O ₅), кг/га	473	394	788
Коэффициент использования питательных веществ из почвы (К _п)	0,35	0,15	0,25
Возможный вынос из почвы (В _п = ПК _м К _п), кг/га	165,5	59,1	197,0
Необходимо внести с минеральными удобрениями (В _у = В _{об} - В _п), кг/га	137,5	42,9	116,0
Коэффициент использования питательных веществ из туков в первый год внесения (К _у)	0,85	0,85	0,95
Норма питательного вещества на заданный урожай (Д _{д.в} = В _у : К _у), кг/га	162	123	122

133. Содержание фосфора в различных типах почв, мг/100 г (обобщенные данные)

Группа почв по обеспеченности фосфором	Оценка содержания фосфора в почве	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Гинзбургу и Арениусу	По Труогу
II	Низкая	2—5	2—5	1,5—3	8—15	3—7
III	Средняя	5—10	5—10	3—4,5	15—30	7—12
IV	Повышенная	10—15	10—15	4,5—6	30—45	12—18
V	Высокая	15—25	15—20	6—9	45—60	18—25
VI	Очень высокая	>25	>20	>9	>60	>25

этим элементом питания дерново-подзолистых почв (по методу Кирсанова), черноземов каштановых и бурых карбонатных почв (по Мачигину), черноземов и других некарбонатных почв (по Труогу), красноземных почв (по Гинзбургу и Арениусу).

Логическая схема обеспечивает хорошие результаты при определении норм удобрений для дерново-подзолистых почв. В таблице 134 даны коэффициенты соответствия (К_с) методов определения подвижных форм фосфора в почве. За основу принят метод Кирсанова. Обеспеченность почв питательными веществами по группам распределена таким образом, чтобы с помощью К_с можно было привести показатель по картограмме к уровню содержания этого элемента по методу Кирсанова.

134. Коэффициенты соответствия методов определения фосфора в почве (за стандарт принят метод Кирсанова)

Группа почв по обеспеченности фосфором	Содержание фосфора в почве, мг/100 г				Коэффициент перевода содержания фосфора в почве к показателю по методу Кирсанова (К _с)		
	по Кирсанову	по Мачигину	по Гинзбургу и Арениусу	по Труогу	от метода Мачигина	от метода Гинзбурга и Арениуса	от метода Труога
II	2,0	1,5	8,0	3,0	1,33	0,25	0,667
	3,0	2,0	10,33	4,33	1,50	0,29	0,693
	4,0	2,5	12,67	5,67	1,60	0,316	0,705
	5,0	3,0	15,0	7,0	1,667	0,333	0,714
III	5,0	3,0	15,0	7,0	1,667	0,333	0,714
	6,0	3,3	18,0	8,0	1,818	0,33	0,75
	7,0	3,6	21,0	9,0	1,944	0,33	0,778
	8,0	3,9	24,0	10,0	2,051	0,333	0,80
	9,0	4,2	27,0	11,0	2,143	0,333	0,818
	10,0	4,5	30,0	12,0	2,222	0,333	0,833
IV	10,0	4,5	30,0	12,0	2,222	0,333	0,833
	11,0	4,8	33,0	13,2	2,292	0,333	0,833
	12,0	5,1	36,0	14,4	2,353	0,333	0,833
	13,0	5,4	39,0	15,6	2,407	0,333	0,833
	14,0	5,7	42,0	16,8	2,456	0,333	0,833
	15,0	6,0	45,0	18,0	2,50	0,333	0,833
V	15,0	6,0	45,0	18,0	2,50	0,333	0,833
	16,0	6,3	46,5	18,7	2,54	0,344	0,856
	17,0	6,6	48,0	19,4	2,576	0,354	0,876
	18,0	6,9	49,5	20,1	2,609	0,364	0,895
	19,0	7,2	51,0	20,8	2,639	0,372	0,913
	20,0	7,5	52,5	21,5	2,667	0,381	0,930
VI	21,0	7,8	54,0	22,2	2,692	0,389	0,946
	22,0	8,1	55,5	22,9	2,716	0,396	0,961
	23,0	8,4	57,0	23,6	2,738	0,403	0,974
	24,0	8,7	58,5	24,3	2,759	0,410	0,988
	25,0	9,0	60,0	25,0	2,778	0,417	1,00
VII	>25,0	>9,0	>60,0	>25,0	2,778	0,417	1,00

Например, по Кирсанову в третью группу обеспеченности включают почву с содержанием P_2O_5 от 5 до 10 мг/100 г, а по Мачигину — от 3 до 4,5. В таблице 134 группа по Кирсанову расположена через интервал в одну единицу, а по Мачигину — через 0,3. Если в почве по Мачигину содержится 3 мг/100 г P_2O_5 , то для пересчета на уровень по методу Кирсанова этот показатель нужно умножить на $K_c=1,667$, который получен от деления показателя метода-стандарта (Кирсанова) на показатель используемого в агрохимических анализах метода (Мачигина или др.) (5 мг/100 г : 3 мг/100 г = 1,667). При наличии фосфора в почве 4,5 мг/100 г по Мачигину $K_c=2,222$, произведение которых составляет 10 мг/100 г P_2O_5 по Кирсанову. Если бы при расчете необходимого количества фосфора не был учтен K_c , тогда считалось бы, что в почве содержится всего 177,3 кг/га P_2O_5 (4,5 мг/100 г по Мачигину · 39,4), при использовании которого с K_n , равным 0,15, вынос из почвы составил бы 26,6 кг/га P_2O_5 (177,3 кг/га · 0,15), что достаточно для формирования 26,1 ц/га зерна (26,6 кг/га : 1,02 кг/ц) кукурузы. Для получения 100 ц/га потребовалось бы внести фосфора на прибавку зерна 73,9 ц/га (100—26,1). При выносе на 1 ц зерна 1,02 кг P_2O_5 это составило бы 75,4 кг/га фосфора (73,9 ц/га · 1,02 кг/ц), а с учетом коэффициента усвоения — 215 (75,4 кг/га : 0,35) вместо фактически необходимых 123 кг/га, рассчитанных с учетом K_c .

Значительное завышение норм калия может быть допущено, если не учитывать K_c по этому элементу питания, содержание которого во всех почвах, кроме торфянистых, обеспечивает формирование высоких урожаев кукурузы. Однако показатели содержания K_2O по методам определения сильно различаются. Так, в III группе со средней обеспеченностью элементом содержание

135. Содержание обменного K_2O на разных типах почв в зависимости от методов его определения, мг/100 г

Группа почв по обеспеченности калием	Оценка содержания калия в почве	По Масловой	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Пейве	По Бровкиной	По Протасову	По Гусейнову
I	Очень низкая	1—5	0,8—4	0,4—2	1—5	0,6—3	0,8—4	2—10	4—20
II	Низкая	5—10	4—8	2—4	5—10	3—7	4—8	10—20	20—30
III	Средняя	10—15	8—12	4—8	10—20	7—10	8—14	20—30	30—50
IV	Повышенная	15—20	12—17	8—12	20—30	10—15	14—20	30—40	50—70
V	Высокая	20—30	17—25	12—18	30—40	15—20	20—30	40—60	70—100

K_2O по Масловой составляет 10—15 мг/100 г, по Кирсанову оно в 1,25, по Чирикову — в 1,875—2,0, по Пейве — в 1,43—1,5, по Бровкиной — в 1,07—1,25 раза меньше, чем по Масловой, а по Мачигину — в 1,33, по Протасову — в 2 и по Гусейнову — в 2—3 раза больше, чем по Масловой (табл. 135).

Поэтому предварительно проводят ранжировку показателей K_2O в каждой группе обеспеченности почв этим элементом питания. Если в III группе обеспеченности разницу между показателями по Масловой принять за единицу, то по Кирсанову она ока-

136. Методы определения K_2O на различных типах почв и их классификация по степени обеспеченности

Группа почв по обеспеченности калием	По Масловой (стандарт)	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Пейве	По Бровкиной	По Протасову	По Гусейнову
I (очень низкая)	1,0	0,8	0,4	1,0	0,6	0,8	2,0	4,0
	2,0	1,6	0,8	2,0	1,2	1,6	4,0	8,0
	3,0	2,4	1,2	3,0	1,8	2,4	6,0	12,0
	4,0	3,2	1,6	4,0	2,4	3,2	8,0	16,0
	5,0	4,0	2,0	5,0	3,0	4,0	10,0	20,0
II (низкая)	5,0	4,0	2,0	5,0	3,0	4,0	10,0	20,0
	6,0	4,8	2,4	6,0	3,6	4,8	12,0	22,0
	7,0	5,6	2,8	7,0	4,2	5,6	14,0	24,0
	8,0	6,4	3,2	8,0	4,8	6,4	16,0	26,0
	9,0	7,2	3,6	9,0	5,4	7,2	18,0	28,0
III (средняя)	10,0	8,0	4,0	10,0	6,0	8,0	20,0	30,0
	11,0	8,8	4,4	11,0	6,6	8,8	22,0	33,0
	12,0	9,6	4,8	12,0	7,2	9,6	24,0	36,0
	13,0	10,4	5,2	13,0	7,8	10,4	26,0	39,0
	14,0	11,2	5,6	14,0	8,4	11,2	28,0	42,0
IV (повышенная)	15,0	12,0	6,0	15,0	9,0	12,0	30,0	45,0
	16,0	12,8	6,4	16,0	9,6	12,8	32,0	48,0
	17,0	13,6	6,8	17,0	10,2	13,6	34,0	51,0
	18,0	14,4	7,2	18,0	10,8	14,4	36,0	54,0
	19,0	15,2	7,6	19,0	11,4	15,2	38,0	57,0
V (высокая)	20,0	16,0	8,0	20,0	12,0	16,0	40,0	60,0
	21,0	16,8	8,4	21,0	12,6	16,8	42,0	63,0
	22,0	17,6	8,8	22,0	13,2	17,6	44,0	66,0
	23,0	18,4	9,2	23,0	13,8	18,4	46,0	69,0
	24,0	19,2	9,6	24,0	14,4	19,2	48,0	72,0

жется равной 0,8, по Чирикову — 0,8, по Мачигину — 2, по Пейве — 0,6, по Бровкиной — 1,2, по Протасову — 2 и по Гусейнову — 4 (табл. 136). С учетом этой разницы определены K_c в каждой группе обеспеченности. Так, содержанию 8 мг/100 г K_2O по Кирсанову соответствует $K_c = 1,25$, т. е. произведение показателя по Кирсанову на 1,25 выравнивает содержание калия до 10 мг/100 г по Масловой, который принят за стандарт (8 мг/100 г · 1,25). Если калий определен по Чирикову и его содержание составляет 4 мг/100 г, то $K_c = 2,5$, что также соответствует 10 мг/100 г по Масловой (4 мг/100 г · 2,5) (табл. 137).

137. Коэффициенты соответствия (K_c) различных методов определения обменного K_2O к методу Масловой

Группа почв по обеспеченности калием	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Пейве	По Бровкиной	По Протасову	По Гусейнову
I	1,25	2,5	1	1,667	1,25	0,5	0,25
	1,25	2,5	1	1,667	1,25	0,5	0,25
	1,25	2,5	1	1,667	1,25	0,5	0,25
	1,25	2,5	1	1,667	1,25	0,5	0,25
II	1,25	2,5	1	1,667	1,25	0,5	0,25
	1,25	2,5	1	1,579	1,25	0,5	0,273
	1,25	2,5	1	1,522	1,25	0,5	0,292
	1,25	2,5	1	1,481	1,25	0,5	0,308
	1,25	2,5	1	1,452	1,25	0,5	0,321
	1,25	2,5	1	1,429	1,25	0,5	0,333
III	1,25	2,5	1	1,429	1,25	0,5	0,333
	1,25	2,292	0,967	1,447	1,196	0,5	0,323
	1,25	2,143	0,857	1,463	1,154	0,5	0,316
	1,25	2,031	0,813	1,477	1,121	0,5	0,310
	1,25	1,944	0,778	1,489	1,094	0,5	0,304
	1,25	1,875	0,750	1,500	1,071	0,5	0,300
IV	1,25	1,875	0,750	1,500	1,071	0,5	0,300
	1,231	1,818	0,721	1,455	1,053	0,5	0,296
	1,214	1,771	0,708	1,417	1,037	0,5	0,292
	1,200	1,731	0,692	1,385	1,023	0,5	0,290
	1,188	1,696	0,678	1,357	1,011	0,5	0,288
	1,176	1,667	0,667	1,333	1,0	0,5	0,286
V	1,176	1,667	0,667	1,333	1,0	0,5	0,286
	1,180	1,667	0,667	1,355	1,0	0,5	0,288
	1,183	1,667	0,687	1,375	1,0	0,5	0,289
	1,186	1,667	0,697	1,394	1,0	0,5	0,291
	1,188	1,667	0,706	1,412	1,0	0,5	0,293
	1,190	1,667	0,714	1,428	1,0	0,5	0,294
	1,193	1,667	0,722	1,444	1,0	0,5	0,295
	1,195	1,667	0,730	1,459	1,0	0,5	0,297
	1,197	1,667	0,737	1,474	1,0	0,5	0,298
	1,198	1,667	0,744	1,487	1,0	0,5	0,299
	1,200	1,667	0,75	1,5	1,0	0,5	0,3

Отсюда следует вывод, что точное определение норм фосфора и калия для почв с более низкими показателями, предусмотренными методами анализа, можно осуществлять по логической схеме, но с применением коэффициентов соответствия. Тогда формула (13) приобретает следующий вид:

$$D_{д.в} = \frac{U_{\text{прог}} B_1 - PK_c K_m K_n}{K_y} \quad (51)$$

Воспользуясь данными схемы расчета норм питательных веществ (см. табл. 132), получим, что содержанию фосфора по Мачигину 4,5 мг/100 г почвы соответствует $K_c = 2,222$ и норма фосфора 123 кг/га:

$$D_{P_2O_5} = \frac{(100 \text{ ц/га} \cdot 1,02 \text{ кг/ц}) - (4,5 \text{ мг/100 г} \cdot 2,222 \cdot 41 \text{ кг/га} \cdot 0,15)}{0,35} = 123 \text{ кг/га фосфора.}$$

На орошаемых землях кукуруза хорошо усваивает питательные вещества, не использованные предшественником, а также NPK пожнивных и корневых остатков. В севооборотах ее часто высевают по озимой пшенице или как монокультуру на зерно и силос. В таблице 138 приведен расчет норм питательных веществ с учетом последствий удобрений, внесенных под предшественник, и элементов питания органической массы, поступающей в почву.

138. Расчет норм NPK на заданный урожай зерна кукурузы 100 ц/га (предшественник — озимая пшеница)

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
1	2	3	4
Осталось в почве NPK туков, неиспользованных озимой пшеницей ($D_{оо}$), кг/га	27	61	30
Поступит от пожнивных и корневых остатков, кг/га	15	5	12
Всего поступит ($B_{пк}$), кг/га	45	66	42
Коэффициент использования питательных веществ из удобрений, пожнивных и корневых остатков в последствии ($K_{пк}$)	30	40	50
Возможный вынос питательных веществ в последствии ($B_{пос} = B_{пк} K_{пк}$), кг/га	13,5	26,4	21
На 1 ц зерна растения кукурузы затрачивают (B_1), кг	3,03	1,02	3,13
Урожай кукурузы за счет питательных веществ, используемых в последствии ($U_{пос}$), ц/га	4,4	25,9	6,7

Продолжение

1	2	3	4
Содержится в почве легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой), подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) (П), мг/100 г	12	5,1	22
Коэффициент соответствия (K_0) для фосфора (см. табл. 134)	—	2,353	—
Коэффициент перевода мг/100 г и кг/га питательного вещества для слоя почвы 0—30 см (K_m)	—	39,4	—
Имеется в почве доступных для растений питательных веществ ($ПК_m$), кг/га	473	473	867
Коэффициент использования NPK из почвы (K_n)	0,35	0,15	0,25
Возможный вынос элементов питания из почвы ($B_n = ПК_m K_n$), кг/га	165,5	71	216
Урожай зерна кукурузы за счет эффективного плодородия почвы ($У_{эф}$), ц/га	54,6	69,6	69
Урожай зерна за счет последствий туков, пожнивных и корневых остатков и эффективного плодородия почвы ($У_{пос} + У_{эф}$), ц/га	59	95,5	75,7
Прибавка урожая, которая должна быть получена за счет NPK удобрений ($У_{пр} = У_{прог} - У_{пос} + У_{эф}$), ц/га	41	4,5	24,3
Вынос на прибавку урожая ($B_y = У_{пр} B_l$), кг/га	124,2	4,6	76
Коэффициент использования питательных веществ удобрений в год внесения (K_y)	0,85	0,35	0,95
Нормы NPK на заданный урожай кукурузы ($D_{д.в} = B_y : K_y$), кг/га	146	13	80

Таким образом, после уборки озимой пшеницы на заданный урожай кукурузы 100 ц/га зерна потребовалось внести $N_{146}P_{13}K_{80}$, или в сумме 239 кг/га NPK. Если считать по наибольшей величине урожая (41 ц/га), которая должна быть получена за счет внесения азота туков, то окупаемость 1 кг NPK составит 17,15 кг зерна (41 ц/га : 239 кг/га).

Когда кукурузу высевает по кукурузе, то количество питательных веществ, поступающих в почву, значительно возрастает, особенно при запашке измельченной листостебельной массы, в 1 ц которой содержится 0,75 кг азота, 0,35 — фосфора и 0,42 кг калия. При запашке органической массы по последствию фосфорных удобрений или одновременно с их внесением резко ускоряется

процесс минерализации органического вещества почвы, листостебельной массы, пожнивных и корневых остатков, питательные вещества которых хорошо усваиваются растениями кукурузы (азот — на 30%, фосфор — на 53, калий — на 52%).

В таблице 139 приведен расчет норм удобрений с учетом запахиваемой органической массы кукурузы.

139. Расчет норм NPK на заданный урожай зерна кукурузы 110 ц/га (предшественник — кукуруза)

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Запахивается в почву листостебельной массы кукурузы ($E_{лс}$), ц/га		300	
Содержится в 1 ц листостебельной массы ($B^1_{лс}$), кг	0,75	0,35	0,42
Вносится в почву питательных веществ с запахиваемой органической массой ($З_{лс} = N_{лс} B^1_{лс}$), кг/га	225	105	126
Коэффициент использования элементов питания из органической массы кукурузы ($K_{пк}$)	0,3	0,53	0,52
Возможный вынос растениями из запахиваемых органических остатков ($B_{лс} = З_{лс} K_{пк}$), кг/га	67,5	55,6	65,5
Урожай, который может быть получен за счет NPK минерализованной органической массы ($У_{пк} = B_{лс} : B_l$), ц/га	22,3	54,5	20,9
Содержится в почве (П), мг/100 г	13,0	9,0	25,0
Коэффициент использования NPK из почвы (K_n)	0,35	0,08	0,20
Возможный урожай по азоту почвы (табл. 140), по фосфору (табл. 141) и по калию почвы (табл. 142) ($У_{эф}$), ц/га	45,1	21,2	47,9
Урожай, который может быть сформирован по элементам питания запахиваемой органической массы и почвы ($У_{пк} + У_{эф}$), ц/га	67,4	75,7	68,8
Прибавка урожая, которая должна быть получена за счет NPK туков ($У_{пр} = У_{прог} - У_{пк} + У_{эф}$), ц/га	42,6	34,3	41,2
Вынос на прибавку урожая ($B_{пр} = У_{пр} B_l$), кг/га	123	35	129
Коэффициент усвоения из туков (K_y)	0,85	0,35	0,95
Норма NPK на заданный урожай ($D_{д.в} = B_{пр} : K_y$), кг/га	152	100	136

140. Возможный урожай зерна кукурузы в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4
4	7,9	8,3	8,7	9,1	9,5	9,9	10,3	10,7	11,1	11,5	11,9	12,3	12,7	13,1	13,5	13,9
5	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	15,4	15,9	16,4	16,9	17,4
6	11,9	12,5	13,1	13,7	14,3	14,9	15,4	16,0	16,6	17,2	17,8	18,4	19,0	19,6	20,2	20,8
7	13,9	14,6	15,3	16,0	16,7	17,4	18,0	18,7	19,4	20,1	20,8	21,5	22,2	22,9	23,6	24,3
8	15,9	16,6	17,4	18,3	19,1	19,9	20,6	21,4	22,2	23,0	23,8	24,6	25,4	26,2	27,0	27,8
9	17,8	18,7	19,6	20,5	21,4	22,3	23,2	24,1	25,0	25,8	26,7	27,6	28,5	29,4	30,3	31,2
10	19,8	20,8	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,8	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7
11	21,8	22,8	23,9	25,1	26,2	27,3	28,4	29,5	30,6	31,6	32,7	33,8	34,9	36,0	37,1	38,2
12	23,8	24,9	26,1	27,3	28,5	29,7	30,9	32,1	33,3	34,5	35,6	36,8	38,0	39,2	40,4	41,6
13	25,8	27,0	28,3	29,6	30,9	32,2	33,5	34,8	36,1	37,4	38,6	39,9	41,2	42,5	43,8	45,1
14	27,8	29,1	30,5	31,9	33,3	34,7	36,1	37,5	38,9	40,3	41,6	43,0	44,4	45,8	47,2	48,6
15	29,7	31,2	32,7	34,2	35,6	37,1	38,6	40,1	41,6	43,1	44,6	46,0	47,5	49,0	50,5	52,0
16	31,7	33,3	34,9	36,5	38,0	39,6	41,2	42,8	44,4	46,0	47,6	49,1	50,7	52,3	53,9	55,5
17	33,7	35,3	37,0	38,8	40,4	42,1	43,8	45,5	47,2	48,9	50,6	52,2	53,9	55,6	57,3	59,0
18	35,6	37,4	39,2	41,0	42,8	44,6	46,3	48,1	49,9	51,7	53,5	55,2	57,0	58,8	60,6	62,4
19	37,6	39,5	41,4	43,3	45,2	47,1	48,9	50,8	52,7	54,6	56,5	58,3	60,2	62,1	64,0	65,9
20	39,6	41,6	43,5	45,6	47,6	49,6	51,5	53,5	55,5	57,5	59,5	61,3	63,4	65,4	67,4	69,4
21	41,6	43,7	45,7	47,8	49,9	52,0	54,1	56,1	58,1	60,3	62,4	64,3	66,5	68,6	70,7	72,8
22	43,6	45,8	47,9	50,1	52,3	54,5	56,7	58,8	61,0	63,2	65,4	67,3	69,7	71,9	74,1	76,3
23	45,6	47,9	50,1	52,4	54,7	57,0	59,3	61,5	63,8	66,1	68,4	70,4	72,9	75,2	77,5	79,8
24	47,5	49,9	52,3	54,6	57,0	59,4	61,8	64,2	66,5	68,9	71,3	73,4	76,0	78,4	80,8	83,2
25	49,5	52,0	54,5	56,9	59,4	61,9	64,4	66,9	69,3	71,8	74,3	76,4	79,2	81,7	84,2	86,7

234 Особенности программирования продуктивности полевых культур

141. Возможный урожай зерна кукурузы в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	4,4	5,3	6,2	7,0	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,2	14,1	15	15,9	16,8	17,6
4	5,9	7,0	8,2	9,4	10,6	11,8	12,9	14,1	15,3	16,5	17,6	18,8	20	21,2	22,3	23,5
5	7,3	8,8	10,3	11,8	13,2	14,7	16,2	17,6	19,1	20,6	22,0	23,5	25	26,5	27,9	29,4
6	8,8	10,6	12,3	14,1	15,9	17,6	19,4	21,2	22,9	24,7	26,5	28,2	30	31,8	33,5	35,3
7	10,3	12,3	14,4	16,5	18,5	20,6	22,6	24,7	26,8	28,8	30,9	32,9	35	37,0	39,1	41,2
8	11,8	14,1	16,5	18,8	21,2	23,5	25,9	28,2	30,6	32,9	35,3	37,6	40	42,3	44,7	47,0
9	13,2	15,9	18,5	21,2	23,8	26,5	29,1	31,8	34,4	37,0	39,9	42,3	45	47,6	50,3	52,9
10	14,7	17,6	20,6	23,5	26,5	29,4	32,3	35,3	38,2	41,2	44,1	47,0	50	52,7	55,9	58,8
11	16,2	19,4	22,6	25,9	29,1	32,3	35,6	38,8	42,0	45,3	48,5	51,8	55	58,2	61,5	64,7
12	17,6	21,2	24,7	28,2	31,8	35,3	38,8	42,3	45,9	49,4	52,9	56,5	60	63,5	67,0	70,6
13	19,1	22,9	26,8	30,6	34,4	38,2	42,0	45,9	49,7	53,5	57,3	61,2	65	68,8	72,6	76,5
14	20,6	24,7	28,8	32,9	37,0	41,2	45,3	49,1	53,5	57,6	61,8	65,9	70	73,8	78,2	82,3
15	22,0	26,5	30,9	35,3	39,7	44,1	48,5	52,9	57,3	61,8	66,2	70,6	75	79,4	83,8	88,2
16	23,5	28,2	32,9	37,6	42,3	47,0	51,8	56,5	61,2	65,9	70,6	75,3	80	84,7	89,4	94,1
17	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85	90,0	95,0	100,0
18	26,5	31,8	37,0	42,3	47,6	52,9	58,2	63,5	68,8	74,1	79,4	84,7	90	95,3	100,6	105,9
19	27,9	33,5	39,1	44,7	50,3	55,9	61,5	67,0	72,6	78,2	83,8	89,4	95	100,6	106,2	111,8
20	29,4	35,3	41,2	47,0	52,9	58,8	64,7	70,6	76,5	82,3	88,2	94,1	100	105,9	111,8	117,6
21	30,9	37,0	43,2	49,4	55,6	61,7	67,9	74,1	80,3	86,5	92,6	98,8	105	111,2	117,3	123,5
22	32,3	38,8	45,3	51,8	58,2	64,7	71,2	77,6	84,1	90,6	97,0	103,5	110	116,5	122,9	129,4
23	33,8	40,6	47,3	54,1	60,9	67,6	74,2	81,2	87,9	94,7	101,5	108,2	115	121,8	128,5	135,3
24	35,3	42,3	49,4	56,5	63,5	70,6	77,6	84,7	91,8	98,8	105,9	112,9	120	127,0	134,1	141,1
25	36,8	44,1	51,5	58,8	66,2	73,5	80,9	88,2	95,6	102,9	110,3	117,6	125	132,3	139,7	147,0

Кукуруза

142. Возможный урожай зерна кукурузы в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Коэффициент использования калия, %														
Содержание калия, мг/100 г почвы	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
3	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	
4	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,7	
5	3,8	4,3	4,8	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	9,2	9,6	
6	4,6	5,2	5,8	6,3	6,9	7,5	8,1	8,6	9,2	9,8	10,4	11,0	11,5	
7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,1	8,7	9,4	10,0	10,7	11,5	12,1	12,8	13,4	
8	6,1	6,9	7,7	8,4	9,3	10,0	10,8	11,5	12,3	13,1	13,8	14,6	15,4	
9	6,9	7,8	8,6	9,5	10,4	11,2	12,1	12,9	13,8	14,7	15,5	16,4	17,3	
10	7,6	8,6	9,6	10,5	11,5	12,5	13,4	14,3	15,3	16,3	17,2	18,2	19,2	
11	8,4	9,5	10,5	11,6	12,7	13,7	14,8	15,8	16,9	18,0	19,0	20,1	21,1	
12	9,2	10,3	11,5	12,7	13,8	15,0	16,1	17,2	18,4	19,6	20,7	21,9	23,0	
13	9,9	11,2	12,4	13,7	15,0	16,2	17,4	18,6	19,9	21,3	22,4	23,7	24,9	
14	10,7	12,0	13,4	14,7	16,2	17,5	18,8	20,1	21,5	22,9	24,2	25,6	26,0	
15	11,5	12,9	14,4	15,8	17,3	18,7	20,1	21,6	23,0	24,5	25,9	27,4	28,8	
16	12,2	13,7	15,3	16,8	18,4	20,0	21,4	23,0	24,5	26,1	27,6	29,2	30,7	
17	13,0	14,6	16,3	17,9	19,5	21,2	22,8	24,5	26,1	27,7	29,4	31,1	32,6	
18	13,8	15,5	17,3	19,0	20,7	22,4	24,2	25,9	27,6	29,3	31,1	32,9	34,5	
19	14,5	16,3	18,2	20,0	21,9	23,7	25,5	27,3	29,1	31,0	32,8	34,7	36,4	
20	15,3	17,2	19,1	21,0	23,1	24,9	26,9	28,8	30,7	32,6	34,5	36,6	38,4	
21	16,1	18,1	20,1	22,1	24,2	26,2	28,2	30,2	32,2	34,2	36,2	38,4	40,3	
22	16,8	18,9	21,0	23,1	25,3	27,4	29,5	31,6	33,7	35,9	37,9	40,2	42,2	
23	17,6	19,8	22,0	24,2	26,4	28,7	30,9	33,1	35,3	37,5	39,7	42,1	44,1	
24	18,4	20,7	23,0	25,3	27,6	29,9	32,2	34,5	36,8	39,1	41,4	43,9	46,0	
25	19,1	21,5	23,9	26,3	28,7	31,2	33,5	35,9	38,3	40,8	43,1	45,7	47,9	
26	19,9	22,4	24,9	27,4	29,9	32,4	34,9	37,4	39,9	42,4	44,9	47,5	49,9	
27	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1	33,6	36,2	38,8	41,4	44,1	46,6	49,3	51,8	
28	21,5	24,1	26,8	29,5	32,3	34,9	37,5	40,2	42,9	45,7	48,3	51,1	53,7	
29	22,2	25,0	27,8	30,5	33,4	36,1	38,9	41,7	44,5	47,3	50,1	53,0	55,6	
30	23,0	25,9	28,8	31,6	34,5	37,4	40,3	43,1	46,0	48,9	51,8	54,7	57,5	

Получение 110 ц/га зерна кукурузы на лугово-черноземных почвах возможно при применении 30 ц/га листостебельной массы и $N_{182}P_{100}K_{186}$, или в сумме 388 кг/га NPK. По наименьшей прибавке урожая (34,3 ц/га зерна по фосфору) внесение такого количества удобрений окупится 8,84 кг зерна на 1 кг NPK.

Согласно расчету, 30 т/га листостебельной массы кукурузы нужно запахать в почву для поддержания количества гумуса в лугово-черноземных почвах на уровне 3—3,5%. Расчет проводят следующим образом. Масса пахотного горизонта этих почв равна 3460 т/га. Чтобы поддерживать содержание гумуса на уровне 3%, нужно вносить 103,8 т/га органических удобрений ($3\% \cdot 3460 \text{ т/га} : 100\%$), на уровне 3,5% — 121,1 т/га ($3,5\% \cdot 3460 \text{ т/га} : 100\%$). При этом 1 т/га запахиваемой листостебельной массы приравнивается 4 т/га свежего навоза. Отсюда 120 т/га навоза эквивалентно 30 т/га органической массы кукурузы (120:4).

Хорошие результаты дает расчет норм удобрений с использованием коэффициентов эффективного плодородия почвы, величины которых на орошаемых землях значительно выше вследствие лучшего усвоения растениями питательных веществ почвы. Например, в почве содержится 15 мг/100 г легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой), 4,5 — подвижного фосфора и 30 мг/100 г обменного калия (по Мачигину). Содержание фосфора переводят к уровню, определенному по Кирсанову. Если $K_0 = 2,222$, тогда показатель P_2O_5 окажется равным 10 мг/100 г ($4,5 \text{ мг/100 г} \cdot 2,222$). Производственными опытами установлено, что усвоение растениями азота из почвы составляет 40%, фосфора — 22 и калия 22%. По таблице 143 находят коэффициенты эффективного плодородия, соответствующие использованию питательных веществ растениями кукурузы. Произведение этих коэффициентов на агрохимические показатели почвы показывает, какое количество урожая может быть сформировано при имеющихся запасах элементов питания почвы: по азоту — 59,4 ц/га ($15 \text{ мг/100 г} \cdot 3,96 \text{ ц/га}$), по фосфору — 64,7 ($10 \text{ мг/100 г} \cdot 6,47 \text{ ц/га}$) и по калию — 63,3 ц/га ($30 \text{ мг/100 г} \cdot 2,11 \text{ ц/га}$ (табл. 144)). При этом из почвы будет вынесено 180 кг/га азота ($59,4 \text{ ц/га} \cdot 3,03 \text{ кг/ц}$), 66 — фосфора ($64,7 \cdot 1,02$) и 198 кг/га калия ($63,3 \text{ ц} \cdot 3,13 \text{ кг/ц}$). За счет эффективного плодородия почвы формируется 74,2% урожая по азоту (59,4 ц/га : 80 ц/га · 100%), 80,9 — по фосфору ($64,7 : 80 \cdot 100$) и 79% — по калию ($63,3 \text{ ц/га} : 80 \text{ ц/га} \cdot 100\%$). Лишь от 19,1 до 25,8% урожая приходится на долю питательных веществ туков. Заданный урожай 80 ц/га зерна будет достигнут при внесении $N_{73}P_{45}K_{55}$, или в сумме 173 кг/га NPK. На 1 кг NPK туков при наименьшей прибавке от удобрений (15,3 ц/га за счет фосфора) будет получено 8,84 кг зерна кукурузы.

В условиях орошаемого земледелия окультуренные почвы обеспечивают сбор 45—65 ц/га зерна за счет эффективного плодородия. В формировании этого урожая, помимо элементов питания

143. Коэффициент эффективного плодородия почвы для определения возможных урожаев зерна кукурузы

По азоту		По фосфору		По калию	
Кп, %	Кэф, ц/га	Кп, %	Кэф, ц/га	Кп, %	Кэф, ц/га
20	1,98	5	1,47	8	0,76
21	2,08	6	1,76	9	0,86
22	2,18	7	2,06	10	0,96
23	2,28	8	2,35	11	1,05
24	2,38	9	2,65	12	1,15
25	2,48	10	2,94	13	1,25
26	2,58	11	3,23	14	1,34
27	2,68	12	3,53	15	1,43
28	2,78	13	3,82	16	1,53
29	2,87	14	4,12	17	1,63
30	2,97	15	4,41	18	1,72
31	3,07	16	4,70	19	1,82
32	3,17	17	5,00	20	1,92
33	3,27	18	5,29	21	2,01
34	3,37	19	5,59	22	2,11
35	3,47	20	5,88	23	2,21
36	3,57	21	6,18	24	2,30
37	3,67	22	6,47	25	2,40
38	3,76	23	6,77	26	2,50
39	3,86	24	7,06	27	2,59
40	3,96	25	7,36	28	2,69
41	4,06	26	7,65	29	2,78
42	4,16	27	7,95	30	2,87
43	4,26	28	8,14	31	2,97
44	4,36	29	8,44	32	3,07
45	4,46	30	8,73	33	3,16

почвы, участвуют и питательные вещества внесенных туков в последствии, а также NPK пожнивных и корневых остатков предшественников. Поэтому урожай, полученные в севообороте на участках без внесения удобрений, чаще всего бывают значительно выше тех, которые рассчитывают по агрохимическим показателям почв. При наличии урожайных данных с неудобренных участков расчет необходимых норм NPK можно вести на прибавку урожая. Например, орошаемая лугово-черноземная почва без затрат на внесение удобрений обеспечивает получение 52 ц/га зерна. При программировании урожая 100 ц/га определяют затраты питательных веществ, вносимых с удобрениями на прибавку урожая 48 ц/га (100-52), с которой будет вынесено 145,4 кг/га азота (48 ц/га · 3,03 кг/ц), 49 — фосфора (48 · 1,02) и 150,2 кг/га калия (48 ц/га · 3,13 кг/ц) (табл. 145).

Таким образом, на данном поле урожай зерна 100 ц/га будет получен при внесении $N_{171}P_{140}K_{158}$, или 469 кг/га NPK. Окупаемость 1 кг питательных веществ туков составит 10,23 кг зерна (48 ц/га : 469 кг/га NPK). Эта схема расчета имеет один недоста-

144. Расчет норм NPK на заданный урожай кукурузы (80 ц/га зерна) с использованием коэффициентов эффективного плодородия почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Содержание в почве элементов питания (П), мг/100 г	15	10	30
Коэффициент использования питательных веществ почвы (Кп)	0,4	0,22	0,22
Коэффициенты эффективного плодородия почвы (Кэф)	3,96	6,47	2,11
Урожай за счет эффективного плодородия почвы ($У_{эф} = П \cdot К_{эф}$), ц/га	59,4	64,7	63,3
Урожай, который должен быть получен по элементам питания вносимых удобрений ($У_{пр} = У_{прог} - У_{эф}$), ц/га	20,6	15,3	16,7
Возможный вынос питательных веществ прибавкой урожая ($В_{пр} = У_{пр} \cdot B_1$), кг/га	62,4	15,6	52,3
Коэффициент использования питательных веществ удобрений в год внесения (К _у)	0,85	0,35	0,95
Нормы NPK на заданный урожай ($Д_{д.в} = В_{пр} : К_{у}$), кг/га	73	45	56

145. Определение норм NPK на прибавку урожая зерна кукурузы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Запрограммированный урожай зерна ($У_{прог}$), ц/га		100	
Урожай зерна с участка без внесения удобрений ($У_{эф}$), ц/га		52	
Прибавка урожая, которая должна быть получена за счет вносимых туков ($У_{пр} = У_{прог} - У_{эф}$), ц/га		48	
Возможный вынос питательных веществ удобрений с прибавкой урожая ($В_{пр} = У_{пр} \cdot B_1$), кг/га	145,4	49	150,2
Коэффициент использования NPK удобрений в год внесения (К _у)	0,85	0,35	0,95
Норма NPK на заданный урожай ($Д_{д.в} = В_{пр} : К_{у}$), кг/га	171	140	158

ток: урожай, собираемый с участков без внесения удобрений, лимитируется одним из элементов питания почвы, а два других могут обеспечить получение более высокой продуктивности. Поэтому необходимо провести анализ почв на содержание NPK или, если имеются картограммы обеспеченности их питательными веществами, выяснить, какой элемент питания находится в минимуме. Например, агрохимические показатели предкавказских черноземов оказались следующие: легкогидролизуемого азота содержалось 18 мг/100 г, подвижного фосфора — 11 (4,8 мг/100 г по Мачигину $K_c = 2,292$ — из таблицы 143) и обменного калия — 30 мг/100 г почвы. При использовании азота на 35% за счет эффективного плодородия почвы можно получить 65,9 ц/га зерна (см. табл. 140), фосфора на 15% — 48,5 (см. табл. 141) и калия на 20% — 57,5 ц/га (см. табл. 142). Ограничивающим урожай элементом питания оказался фосфор почвы. По азоту расчет необходимых норм проводят на прибавку 34,1 ц/га (100—65,9) вместо 48 ц/га и по калию — на получение дополнительного урожая 42,5 ц/га (100—57,5) (табл. 146).

146. Расчет норм азота и калия на заданную прибавку урожая с учетом агрохимических показателей почвы

Показатель	N	K ₂ O
Запрограммированный урожай зерна ($U_{\text{прог}}$), ц/га	100	
Урожай, который обеспечивается по азоту и калию почвы ($U_{\text{эф}}$), ц/га	65,9	57,5
Прибавка урожая, которая должна быть обеспечена за счет азота и калия туков ($U_{\text{пр}}$), ц/га	34,1	42,5
Возможный вынос НК из удобрений ($V_{\text{пр}} = U_{\text{пр}} \cdot B_1$), кг/га	103,3	133
Коэффициент использования азота и калия из туков в год внесения (K_y)	0,85	0,95
Нормы НК на заданный урожай ($D_{\text{д.в}} = V_{\text{пр}} : K_y$), кг/га	121	140

Как показывают уточненные расчеты, для получения 100 ц/га зерна кукурузы на данное поле следовало внести $N_{121}P_{140}K_{140}$, или 401 кг/га NPK, что на 68 кг/га NPK (496—401) меньше. При этом на 1 кг питательных веществ по наименьшей прибавке (48 ц/га по фосфору) можно ожидать получения 12 кг зерна (48 ц/га : 401 кг/га). При расчете оптимальных норм удобрений дифференцированно для каждого типа почв нужно как можно полнее использовать агрохимические показатели запасов усвояемых растениями форм питательных веществ — азота, фосфора и калия, а также других макро- и микроэлементов. Урожай зерна кукуру-

зы до 75 ц/га можно обеспечить за счет внесения минеральных или органических удобрений. Если применяют только минеральные удобрения, то для получения урожаев кукурузы выше 75 ц/га требуются микроэлементы, особенно цинк. При использовании навоза возможны урожаи 100—125 ц/га зерна без внесения микроудобрений.

На минеральных почвах кукуруза на 1 ц основной и соответствующую ей массу побочной продукции выносит 0,57 кг магния, 0,31 кг серы и 0,65 г цинка, на освоенных торфяниках — соответственно — 0,67, 0,33 и 0,79. Зная среднее содержание микроэлементов в биомассе растений, можно рассчитать общее количество микроэлемента, выносимого из почвы с запрограммированным урожаем. В настоящее время практика не располагает достоверными данными о коэффициентах использования растениями тех или иных микроэлементов. Поэтому при определении нормы микроудобрений исходят из двух положений.

1. По данным таблицы 147 и картограммы определяют потребность культуры в микроэлементах. Если отсутствует картограмма обеспеченности земель хозяйства микроэлементами, то учитывают, что кукуруза в первую очередь нуждается в цинке, на известкованных полях всегда бывает недостаток бора, на торфяных и песчаных почвах, а также при внесении навоза в высоких нормах растения хорошо отзываются на медные удобрения.

147. Потребность культур в микроэлементах на различных почвах (обобщенные данные)

Обеспеченность почв микроэлементами	Содержание микроэлементов, мг/кг почвы		
	медь (InHCl)	молибден (по Гриму)	Бор (H ₂ O)

Культуры с невысоким выносом микроэлементов

Низкая	0,5	0,05	0,1
Средняя	0,51—1,5	0,051—0,15	0,11—0,3
Высокая	>1,5	>0,15	>0,3

Культуры со средним выносом микроэлементов

Низкая	2,0	0,2	0,3
Средняя	2,1—4,0	0,21—0,3	0,31—0,5
Высокая	>4,0	>0,3	>0,5

Культуры с высоким выносом микроэлементов

Низкая	5,0	0,3	0,5
Средняя	5,1—7,0	0,31—0,5	0,51—1,0
Высокая	>7,0	>0,5	>1,0

К культурам с низким выносом микроэлементов относятся все зерновые культуры с урожайностью до 30 ц/га. При урожае зерна свыше 30 ц/га их включают в группу со средним выносом. Кукурузу с урожаем зерна 75 ц/га можно отнести к группе со средним выносом, а выше 75 — с высоким.

Средним выносом микроэлементов отличается кукуруза на силос, луговые травы (тимopheевка луговая, ежа сборная, мятлик луговой, кострец безостый, лисохвост луговой), а также зернобобовые культуры и многолетние бобовые травы (горох, бобы, вика, люпин, клевер, люцерна), высоким — корнеклубнеплоды и овощные культуры. Такое деление весьма условно и зависит от уровня программируемого урожая. В случае программирования более высокой продуктивности, чем та, которая достигнута в хозяйстве, культур из группы растений, менее требовательных к микроэлементам, относят в группу более требовательных.

2. По данным таблицы 148 определяют общее количество микроэлемента, необходимое для получения заданного урожая. Если соответствующих данных в таблице нет, а содержание микроэлемента в почве низкое, то вносят микроудобрение.

148. Содержание микроэлементов в основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур (обобщенные данные)

Культуры	Часть растения	Содержание, мг/кг сухой биомассы		
		меди	молибдена	бора
Зерновые (пшеница, рожь, овес, ячмень)	Зерно	1—18	0,2—1,4	2—4
	Солома	1—12	0,3—0,7	3—6
Зернобобовые (горох, вика, бобы, люпин)	Зерно	5—23	0,7—8,4	3—9
	Лист и стебель	4—6	0,4—0,8	4—7
Картофель	Клубни	5—18	—	6—20
Корнеплоды (свекла, брюква, морковь)	Ботва	6—28	0,4—2,6	20—50
	Корнеплоды	5—24	0,1—0,2	12—30
Овощные (капуста, томат, петрушка, редис)	Сухая масса	3—15	1,0—1,6	5—20
Кукуруза (зерно и зеленая масса)	То же	3—12	0,2—1,5	1—6

Например, программируется получить 100 ц/га зерна, или 222 ц/га абсолютно сухой биомассы, кукурузы. На 1 ц зерна и соответствующее ему количество листостебельной массы кукуруза выносит 0,65 г цинка. На заданный урожай вынос этого микроэлемента равен 144,3 г/га (222 ц/га · 0,65 г/ц). В почве содержится 0,3 мг/кг цинка, или 1,038 кг/га (3460 т/га — масса пахотного горизонта · 0,3 мг/кг). При полном обеспечении растений цинком за счет запасов почвы коэффициент его использования составит 13,9% (144,3 г/га : 1,038 кг/га · 100%).

В качестве микроудобрений можно применять полимикроудобрение (ПМУ-7), содержащее до 25% цинка, медный купорос или сульфат меди (25,9% Cu), молибденовокислый аммоний (54% Mo), бору (11,3% B), борную кислоту (17,5% B).

В таблице 149 приведены нормы микроудобрений при недостатке их в почве на заданный урожай основных сельскохозяйственных культур.

149. Нормы микроудобрений, рекомендуемые для основных сельскохозяйственных культур, кг/га (обобщенные данные)

Культура	Бор	Мель	Молибден
Зерновые (в том числе кукуруза)	—	3,0	—
Клевер	1,0	5,0	0,5—1,0
Бобовые	1,0	5,0	0,05—0,1
Корнеплоды	1,0—2,5	5,0	0,1—0,3
Сенокосы и пастбища	1,0	3,2—5	0,05

Потребность кукурузы в цинке можно компенсировать внесением сернокислого цинка, содержащего 23—24% этого элемента. В случае использования простого суперфосфата и других серосодержащих туков, а также навоза, потребность растений в сере удовлетворяется почти полностью. Лишь в отдельных случаях можно применять гипс, из 1 ц которого растения выносят до 2 кг серы.

Внесение микроудобрений значительно повышает коэффициент использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений, позволяет снизить нормы NPK, снять лимитирующее их влияние на получение оптимально возможного по почвенно-климатическим условиям урожая кукурузы, а также определить точность расчета необходимых питательных веществ после уборки урожая. При этом выясняют, за счет каких статей баланса питательных веществ сформировался урожай и какова доля участия элементов питания почвы и удобрений в конечной продукции. В этих случаях пользуются обширными экспериментальными данными, полученными в ближайших к хозяйству опытных учреждениях. Так, при обосновании норм удобрений на различные уровни урожая кукурузы в условиях Кабардино-Балкарской АССР установлено, что в севооборотах орошаемые земли без внесения удобрений обеспечивают сбор 32,3—47,1 ц/га зерна, а по последствию удобрений, пожнивных и корневых остатков — 8,4—14,8 ц/га. Эти два показателя баланса NPK объединены в один — урожай за счет эффективного плодородия почвы. В сумме по районам он составил 41,5—67,7 ц/га зерна. На каждый гектар посевов кукурузы

внесено от 137 до 422 кг NPK и получено от 58,8 до 100,3 ц/га зерна. Окупаемость 1 кг питательных веществ туков составила 8,15—10,75 кг зерна.

Рассмотрим, с какой точностью были определены нормы питательных веществ, например, в Терском районе, где получили запрограммированный урожай 100,3 ц/га зерна (табл. 150—151).

150—151. Определение урожая зерна кукурузы по элементам питания удобрений

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фактический урожай зерна (У _ф), ц/га		100,3	
Урожай по эффективному плодородию почвы (У _{эф}), ц/га		67,7	
В том числе:			
по элементам питания почвы		48,1	
по последствию туков, пожнивных и корневых остатков		19,6	
Внесено с туками питательных веществ (Д _{д.в.}), кг/га	125	120	90
Использовано NPK удобрений (К _у)	0,81	0,404	0,97
Внесено элементов питания туков в год внесения прибавкой урожая (В _{пр} = Д _{д.в.} К _у), кг/га	101	48,5	86,9
Урожай, который должен быть получен по элементам питания туков (У _{пр} = В _{пр} : В ₁), ц/га	32,6	42,2	27,8
Фактическая прибавка зерна за счет внесенных туков, ц/га		32,6	
Точность расчета норм NPK на заданный урожай, %	100	77,2	85,3

Величина урожая определялась количеством внесенного азота. Фосфора было использовано для получения 42,2 ц/га зерна, а под урожай 32,6 ц/га, сбалансированного с нормами азота, требовалось всего 82 кг/га этого элемента (32,6 ц/га · 1,02 кг/ц : 40,4% использования P₂O₅). Избыток фосфора равен 38 кг/га (120—82). При посеве кукурузы на площади 1000 га это составляет 380 ц P₂O₅.

В таблице 152 приведены расчеты возможных урожаев кукурузы по питательным веществам внесенных удобрений для районов Кабардино-Балкарской АССР. Нормы азота обеспечили получение 22,9—39,1, фосфора — 14,6—52,2, калия — 10,8—31,9 ц/га зерна.

152. Продуктивность кукурузы в зависимости от плодородия орошаемых черноземных почв и норм удобрений, ц/га (Кабардино-Балкарская АССР)

Агрометеорологический район	Фактический урожай на запрограммированных посевах	В том числе урожай, сформированный за счет			Внесено прибавкой урожая из удобрений в год внесения, кг/га			Внесено с удобрениями, кг/га			Использовано из минеральных удобрений, %			Возможный урожай по NPK удобрениям		
		эффективного плодородия почвы	последствия туков	удобрений в год внесения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	84,8	47,1	14,8	22,9	71	39,6	33,8	82	96	35	86,6	41,2	96,7	22,9	34,4	10,8
II	85,9	40,8	11,7	33,4	103,6	58	100	147	163	100	70,5	35,6	100	33,4	50,4	31,9
III	80,6	40,8	0,7	39,1	121,3	58,2	98	172	150	100	70,5	38,8	98	39,1	50,6	31,3
IV	58,8	32,3	11,9	14,6	68,6	16,8	—	95	42	—	72,2	40	95	22,1	14,6	—
V	100,3	48,1	19,6	32,6	101	48,5	86,9	125	120	90	80,8	40,4	96,6	32,6	42,2	27,8
VI	74,4	40,8	8,4	25,2	78,2	44,6	67	100	113	67	78,2	39,5	100	25,2	40	21,4
VII	89,5	48,1	10,1	31,3	97,2	60	50	120	150	50	81	40	100	31,3	52,2	16

Например, в Баксанском районе по эффективному плодородию почвы (47,1 ц/га) и последствию удобрений (14,8 ц/га) урожай составил 61,9 ц/га. Фактически на участках с применением метода программирования собрали 84,8 ц/га. За счет внесенных NPK туков получили 22,9 ц/га зерна (84,8—61,9). С этим урожаем вынесено 71 кг/га азота (22,9 ц/га·3,1 кг/ц), 26,3 — фосфора (22,9·1,15) и 33,8 кг/га калия (табл. 153). На орошаемых лугово-черноземных почвах республики фосфор удобрений используется до 40% и более. При этом возможные урожаи зерна в расчете на P_2O_5 туков будут равняться (ц/га): в хозяйствах I района — 34,4, II — 50,4, III — 50,6, IV — 14,6, V — 42,2, VI — 40, VII — 52,2. Этим урожаям должны соответствовать коэффициенты использования растениями фосфора туков от 35,6 до 41,2%. Анализ эффективности удобрений показал, что в IV районе прибавка урожая кукурузы лимитировалась недостатком фосфора, а в остальных — азота. Практически нормы азота снижали общую продуктивность кукурузы. Фосфор удобрений был в избытке на почвах I района на 50%, или на 11,5 ц/га (34,4—22,9), II — на 50,9%, III — на 29,4, V — на 29,4, VI — на 58,7, VII — на 66,7%. В среднем по районам республики азота внесено для получения 80 ц/га, фосфора — около 95 ц/га зерна.

153. Использование питательных веществ удобрений кукурузой при орошении

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Фактический урожай зерна ($У_f$), ц/га		84,8	
В том числе за счет:			
эффективного плодородия почвы ($У_{эф}$)		61,9	
внесенных туков ($У_{пр}$)		22,9	
Общий вынос на прибавку урожая ($В_{пр}$), кг/га	71,0	26,3	33,8
Внесено питательных веществ ($Д_{д.в.}$), кг/га	82	96	35
Использовано из удобрений ($K_y = \frac{В_{пр}}{Д_{д.в.}} \cdot 100$), %	86,6	27,4	96,7

Такой подход к обоснованию норм удобрений экономически невыгоден, агрономически нецелесообразен. Основные элементы минерального питания в удобрениях должны быть в следующих соотношениях. При выносе на 1 ц зерна и соответствующее ему количество листостебельной массы 7,38 кг NPK, или 3,1 кг азота, 1,15 — фосфора и 3,13 кг калия, в биомассе кукурузы (здесь вынос NPK определен для одного года, а в таблице 131 — усреднен-

ные данные для гибридов с $K_m=0,45$) складывается следующее благоприятное соотношение — $N:P_2O_5:K_2O=1,0:0,37:1,01$. С учетом коэффициентов использования питательных веществ удобрений соотношение NPK в них должно равняться 1,0:0,74:0,9 (табл. 154).

Отсюда следует, что на каждые 100 кг д.в. азота необходимо вносить 74 кг фосфора и 90 — калия, которые должны быть распределены так, чтобы растения не испытывали недостатка в них в период вегетации.

154. Соотношение элементов питания в урожае кукурузы, рассчитанное с учетом использования их из удобрений

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество листостебельной массы (B_1), кг	3,1	1,15	3,13
Соотношение NPK в биомассе кукурузы	1,0	0,37	1,01
Усваивается растениями из туков (K_y)	0,8	0,4	0,9
Необходимо внести на 1 ц зерна и листостебельной массы с учетом усвоения растениями питательных веществ туков ($B_{ky}=B_1:K_y$), кг	3,88	2,88	3,48
Соотношение NPK в удобрениях для обеспечения оптимальных условий питания растений	1,0	0,74	0,90

155. Содержание азота, фосфора и калия в растениях кукурузы, % от абсолютно сухой массы (по В. В. Церлинг)

Фаза роста и развития	Надземная масса			Листья		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Всходы	4,28	1,19	6,16	4,28	1,19	6,16
Три — пять листьев	3,0—3,6	0,7—1,5	3,4—4,0	3,6—4,5	0,8—1,3	4—5
Шесть — десять листьев — выметывание метелки	2,9—4,0	0,7—0,8	2,4	3,6—4,5	0,7—1,2	4—5
Выход рылец — цветение	—	—	—	3,3	0,6—1,0	3—4

Кукуруза нуждается в минеральном питании на протяжении всей вегетации, поэтому удобрения вносят не только под основную обработку почвы, но и в подкормки при рыхлении междурядий, которые приурочивают к наиболее важным фазам роста и развития растений. В результате повышаются коэффициенты использования питательных веществ туков, их окупаемость и снижается потребность в удобрениях, чему способствует также систематический контроль за содержанием NPK в растениях в течение вегетации. Оптимальное содержание питательных веществ в растениях кукурузы по фазам роста и развития приведено в таблице 155. Определение содержания NPK в указанные фазы помогает вовремя подкормить их.

При составлении системы удобрения кукурузы учитывают так называемые «критические периоды» у растений по отношению к питательным веществам. Для кукурузы критическим по отношению к фосфору является ранний период роста и развития. Если растения испытывают недостаток этого элемента до фазы пятого-шестого листа, то даже при высоком содержании его в последующий период они не способны образовывать початки. Нормы NPK для получения различных урожаев кукурузы при орошении приведены в таблице 156. В конкретных условиях они могут быть уточнены специалистами хозяйств.

156. Нормы NPK на программируемый урожай орошаемой кукурузы, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай, ц/га						
		50—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120
N	III	52—64	67—78	81—92	95—108	111—124	127—140	143—156
	IV	40—52	55—67	70—81	84—95	98—111	114—127	130—143
	V	28—40	43—55	58—70	73—84	87—98	101—114	117—130
	VI	16—28	31—43	46—58	61—73	76—87	90—101	104—117
P ₂ O ₅	III	45—54	57—66	69—78	81—90	93—102	105—114	117—120
	IV	36—45	48—57	60—69	72—81	84—93	96—105	108—117
	V	27—36	39—48	51—60	63—72	75—84	87—96	99—108
	VI	18—27	30—39	42—51	54—63	66—75	78—87	90—99
K ₂ O	III	0—10	13—23	26—36	39—49	52—62	65—75	78—88
	IV	—	0—13	16—26	29—39	42—52	55—65	68—78
	V	—	—	0—16	19—29	32—42	45—55	58—68
	VI	—	—	—	0—19	22—32	35—45	48—58

В таблице 157 дано среднее содержание питательных веществ в зеленой массе кукурузы. На 1 ц ее отщуждается 0,45 кг азота, 0,1 — фосфора и 0,37 кг калия, или в сумме 0,92 кг NPK. Для того, чтобы обеспечить такой вынос, на каждые 10,87 кг фосфора

нужно внести 48,91 кг азота и 40,22 — калия. При расчете норм удобрений эти показатели корректируют с учетом коэффициентов использования NPK. Без орошения последние составляют: азота — 25—35%, фосфора — 7—12 и калия — 12—25% из почвы и соответственно 55—65, 25—30 и 60—70% — из минеральных удобрений. На орошаемых землях эти показатели значительно выше: из почвы используется 35—40% азота, 15—25 — фосфора и 25—30% калия; из минеральных удобрений — соответственно 75—80; 25—35 и 85—90%.

157. Вынос и соотношение питательных веществ в урожае зеленой массы кукурузы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Вынос на 1 ц зеленой массы, кг	0,45	0,1	0,37	0,92
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,0	0,222	0,822	2,044
фосфор » » 1	4,5	1,0	3,70	9,20
калий » » 1	1,216	0,270	1,0	2,486
в процентах	48,91	10,87	40,22	100

Коэффициенты использования питательных веществ почвы и минеральных удобрений кукурузой при возделывании на занятом пару будут на 15—20% ниже вследствие более короткой вегетации растений. Это учитывают при расчете норм удобрений, которые в значительной степени зависят от коэффициента использования элементов питания растениями. С урожаем 300 ц/га зеленой массы кукуруза отщуждает с поля 135 кг/га азота (300 ц/га · 0,45 кг/ц), 30 — фосфора (300 · 0,1) и 111 кг/га калия (300 ц/га · 0,37 кг/ц), значительная доля которых составляет NPK почвы (табл. 158).

Для получения 300 ц/га зеленой массы на среднеоккультуренной почве потребовалось внести N₇₅P₆₆K₄₆, или в сумме 187 кг/га NPK. За счет питательных веществ почвы при этом можно собрать 208 ц/га зеленой массы по азоту (93,7 кг/га N: 0,45 кг/ц), 168 — по фосфору (168 кг/га P₂O₅: 0,1 кг/ц) и 225 ц/га — по калию (83 кг/га K₂O: 0,37 кг/ц), или в среднем 200 ц/га. На 1 кг NPK туков будет получено 53,4 кг зеленой массы (100 ц/га: 187 кг/га NPK).

Норма удобрения уменьшится при большей глубине пахотного горизонта. Если расчетную глубину пахотного слоя вместо 22 см принять за 25 см (K_m=34), то при том же содержании доступных для растений питательных веществ на 1 га было бы 425 кг/га азота (12,5 мг/100 г · 34 кг/га), 272 — фосфора (8 мг/100 г · 34 кг/га)

158. Определение норм NPK на заданный урожай зеленой массы кукурузы (300 ц/га) при расчетном слое почвы 22 см

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на заданный урожай (В _{об}), кг/га	135	30	111
Содержание в почве (П), мг/100 г	12,5	8,0	18,5
Коэффициент перевода мг/100 г в кг/га питательного вещества почвы (К _м)		30	
Наличие в почве доступных для растений питательных веществ (ПК _м), кг/га	375	240	555
Коэффициент усвоения элементов питания почвы (К _п)	0,25	0,07	0,15
Возможный вынос питательных веществ из почвы (В _п = ПК _м К _п), кг/га	93,7	16,8	83,2
Необходимо довести с минеральными удобрениями (В _у = В _{об} - В _п), кг/га	41,3	13,2	27,8
Коэффициент использования питательных веществ удобрений в первый год (К _у)	0,55	0,20	0,60
Норма NPK на заданный урожай (Д _{д.в} = В _у : К _у), кг/га	75	66	46

159. Расчет норм удобрений на заданный урожай зеленой массы кукурузы (300 ц/га) при расчетном слое почвы 25 см

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на заданный урожай (В _{об}), кг/га	135	30	111
Содержание в почве (П), мг/100 г	12,5	8,0	18,5
Коэффициент перевода мг/100 г в кг/га питательного вещества почвы (К _м)		34	
Наличие в почве доступных для растений питательных веществ (ПК _м), кг/га	425	272	629
Коэффициент усвоения элементов питания почвы (К _п)	0,25	0,07	0,15
Возможный вынос питательных веществ из почвы (В _п = ПК _м К _п), кг/га	106	19	94
Необходимо довести с минеральными удобрениями (В _у = В _{об} - В _п), кг/га	29	11	17
Коэффициент использования питательных веществ удобрений в первый год (К _у)	0,55	0,20	0,60
Норма NPK на заданный урожай (Д _{д.в} = В _у : К _у), кг/га	53	55	28

и 629 кг/га калия (18,5 мг/100 г · 34 кг/га). Возможный вынос (В_п) из почвы составил бы 106 кг/га азота (425 кг/га · 0,25), 19 — фосфора (272 кг/га · 0,07) и 94 кг/га калия (629 кг/га · 0,15) (табл. 159). При этом потребовалось бы внести N₅₃P₅₅K₂₈, или в сумме 136 кг/га NPK, что на 51 кг/га меньше (187—136), чем при расчетном слое почвы 22 см. За счет эффективного плодородия 25-сантиметрового слоя почвы по азоту сформировалось бы 235 ц/га (106 кг/га N : 0,45 кг/ц), по фосфору — 190 (19 кг/га P₂O₅ : 0,10 кг/ц) и по калию — 254 ц/га (94 кг/га K₂O : 0,37 кг/ц), или в среднем 226 ц/га зеленой массы. Окупаемость 1 кг NPK внесенных туков зеленой массой составила бы 54,4 кг (74 ц/га : 136 кг/га NPK).

Необходимые нормы удобрений для получения программируемых урожаев зеленой массы кукурузы можно рассчитать по коэффициентам эффективного плодородия почвы (К_{эф}). Например, при содержании в дерново-подзолистой почве 10 мг/100 г азота, 8 — фосфора и 20 мг/100 г калия возможный урожай за счет эффективного плодородия почвы составит 220 ц/га зеленой массы по азоту (10 мг/100 г · 22 ц/га), 264 — по фосфору (8 мг/100 г · 33 ц/га) и 324 ц/га по калию (20 мг/100 г · 16,22 ц/га) (табл. 160). Этим коэффициентам эффективного плодородия почвы соответствует К_п

160. Расчет норм удобрений на заданный урожай зеленой массы кукурузы с использованием коэффициентов эффективного плодородия почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Содержание в почве (П), мг/100 г	10,0	8,0	20,0
Коэффициент использования питательных веществ из почвы (К _п)	0,33	0,11	0,20
Коэффициент эффективного плодородия почвы (К _{эф}), ц/га	22,0	33,0	16,22
Возможный урожай зеленой массы за счет эффективного плодородия почвы (У _{эф} = ПК _{эф}), ц/га	220	264	324
Запрограммированный урожай зеленой массы (У _{прог}), ц/га	350		
Урожай, который должен быть получен по элементам питания удобрений (У _{прог} - У _{эф}), ц/га	130	86	26
Вынос питательных веществ прибавкой урожая [В _{пр} = (У _{прог} - У _{эф}) В ₁], кг/га	58,5	8,6	9,6
Коэффициент использования элементов питания удобрений в год внесения (К _у)	0,55	0,20	0,60
Норма NPK на заданный урожай (Д _{д.в} = В _{пр} : К _у), кг/га	106	43	16

161. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев зеленой массы кукурузы

По азоту		По фосфору		По калию	
$K_n, \%$	$K_{эф}, \text{ц/га}$	$K_n, \%$	$K_{эф}, \text{ц/га}$	$K_n, \%$	$K_{эф}, \text{ц/га}$
20	13,33	5	15	8	6,49
21	14,00	6	18	9	7,30
22	14,67	7	21	10	8,11
23	15,33	8	24	11	8,92
24	16,00	9	27	12	9,73
25	16,67	10	30	13	10,54
26	17,33	11	33	14	11,35
27	18,00	12	36	15	12,16
28	18,67	13	39	16	12,97
29	19,33	14	42	17	13,78
30	20,00	15	45	18	14,59
31	20,67	16	48	19	15,40
32	21,33	17	51	20	16,22
33	22,0	18	54	21	17,03
34	22,67	19	57	22	17,84
35	23,33	20	60	23	18,65
36	24,00	21	63	24	19,46
37	24,67	22	66	25	20,27
38	25,33	23	69	26	21,08
39	26,00	24	72	27	21,89
40	26,67	25	75	28	22,70
41	27,33	26	78	29	23,51
42	28,00	27	81	30	24,32
43	28,67	28	84	31	25,13
44	29,33	29	87	32	25,94
45	30,00	30	90	33	26,76

по азоту 0,33, по фосфору — 0,11 и по калию — 0,2. В таблице 161 приведены коэффициенты эффективного плодородия почвы, рассчитанные для пахотного слоя почвы 22 см с $K_M=30$. Если для расчета возможных урожаев по элементам питания почвы берут большую глубину пахотного слоя, то коэффициент эффективного плодородия почвы определяют по формуле

$$K_{эф} = \frac{0,1PK_M K_n}{B_1} \quad (52)$$

Например, при $P=10$ мг/100 г азота, $K_M=34$ для слоя почвы 25 см, $K_n=0,33$ и выносе на 1 ц зеленой массы 0,45 (B_1) азота коэффициент эффективного плодородия почвы по этому элементу питания будет равен:

$$K_{эф} = \frac{0,1 \cdot 10 \text{ мг/100 г} \cdot 34 \text{ кг/га} \cdot 0,33}{0,45 \text{ кг/ц}} = 24,93 \text{ ц/га.}$$

При содержании 10 мг/100 г почвы легкогидролизуемого азота возможный урожай зеленой массы по нему составит 249 ц/га ($U_{эф}=10$ мг/100 г $\cdot$ 24,93 ц/га). Так же определяют коэффициенты эффективного плодородия почвы по фосфору и калию.

При разработке системы удобрения кукурузы, возделываемой на силос, расчет необходимых норм NPK можно проводить на прибавку урожая. Например, при содержании в почве легкогидролизуемого азота 12 мг/100 г и усвоении его растениями на 29% за счет азота почвы можно получить 232 ц/га зеленой массы (табл. 162). Если программируется собрать 400 ц/га зеленой массы, на прибавку урожая 168 ц/га (400—232) рассчитывают необходимое количество азота.

Содержанию фосфора 7 мг/100 г почвы и использованию его растениями на 12% соответствует урожай 252 ц/га зеленой массы (табл. 163). Потребность фосфора определяют на прибавку 148 ц/га (400—252) биомассы.

Наличию в почве 25 мг/100 г K_2O и усвоению его на 15% соответствует возможный сбор зеленой массы 304 ц/га (табл. 164). Норму K_2O рассчитывают на прибавку 96 ц/га (400—304).

Под кукурузу, как правило, применяют органические удобрения. Нормы минеральных удобрений снижают эквивалентно поступлению питательных веществ с навозом. Например, внесено 60 т/га навоза. В 1 т его содержится 5 кг азота, 2,5 — фосфора и 6 кг калия, из которых растениями используются соответственно 35, 45 и 60%, или 1,75 (5 кг $\cdot$ 0,35), 1,125 (2,5 кг $\cdot$ 0,45) и 3,6 кг (6 кг $\cdot$ 0,6), а в сумме 6,475 кг NPK. При заправке 60 т/га свежего навоза в почву поступает 388,5 кг/га NPK (60 т/га $\cdot$ 6,475 кг/т), которые полностью усваиваются растениями. По элементам питания это составит: 105 кг/га азота (60 т/га $\cdot$ 1,75 кг/т), 67,5 — фосфора (60 т/га $\cdot$ 1,125 кг/т) и 216 кг/га калия (60 т/га $\cdot$ 3,6 кг/т). За счет них можно запрограммировать получение 233 ц/га зеленой массы кукурузы по азоту (105 кг/га $N:0,45$ кг/ц), 675 — по фосфору (67,5 кг/га $P_2O_5:0,1$ кг/ц) и 584 ц/га — по калию (216 кг/га $K_2O:0,37$ кг/ц), или в среднем 422 ц/га (388,5 кг/га NPK $:0,92$ кг/ц NPK). Выяснив, какая часть урожая формируется за счет элементов питания почвы, определяют, насколько полно обеспечены посевы необходимым количеством питательных веществ. Например, при содержании в почве 11 мг/100 г азота, 6 — фосфора и 19 мг/100 г калия возможны урожай зеленой массы по азоту 257 ц/га (при $K_n=35\%$, см. табл. 162), по фосфору — 144 (при $K_n=8\%$, см. табл. 163) и по калию — 231 ц/га (при $K_n=15\%$, см. табл. 164). Следовательно, за счет элементов питания навоза и почвы можно составить программу получения по азоту 490 ц/га (233+257), по фосфору — 819 (675+144) и по калию — 815 ц/га (584+231) зеленой массы. Если предусматривается собрать 800 ц/га зеленой массы, то фосфорные и калийные удобрения можно не вносить, так как растения обеспечиваются питательны-

162. Возможный урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
4	53	56	59	61	64	67	69	72	75	77	80	83	85	88	91	93
5	67	70	73	77	80	83	87	90	93	97	100	103	107	110	113	117
6	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140
7	93	98	103	107	112	117	121	126	131	135	140	145	149	154	159	163
8	107	112	117	123	128	133	139	144	149	155	160	165	171	176	181	187
9	110	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	192	198	204	210
10	133	140	147	153	160	167	173	180	187	193	200	207	213	220	227	233
11	147	154	161	169	176	183	191	198	205	213	220	227	235	242	249	257
12	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280
13	173	182	191	199	208	217	225	234	243	251	260	269	277	286	295	303
14	187	196	205	215	224	233	243	252	261	271	280	289	299	308	317	327
15	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
16	213	224	235	245	256	267	277	288	299	309	320	331	341	352	363	373
17	227	238	249	261	272	283	295	306	317	329	340	351	363	374	385	397
18	240	252	264	276	288	300	312	324	336	348	360	373	384	396	408	420
19	253	266	289	291	304	317	329	342	355	367	380	393	405	418	431	443
20	267	280	293	307	320	333	347	360	373	387	400	413	427	440	453	467
21	280	294	308	322	336	350	364	378	392	406	420	434	448	462	476	490
22	293	308	323	337	352	367	381	396	411	425	440	455	469	484	499	513
23	307	322	337	353	368	383	399	414	429	445	460	475	491	506	521	537
24	320	336	352	368	384	400	416	432	448	464	480	496	512	528	544	560
25	333	350	367	383	400	417	433	450	467	483	500	517	533	550	567	583

224 Особенности программирования продуктивности почвенных культур

163. Возможный урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %																	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
3	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180		
4	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240		
5	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300		
6	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360		
7	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420		
8	120	144	168	192	216	240	264	288	312	366	360	384	408	432	456	480		
9	135	162	189	216	243	270	297	324	351	378	405	432	459	486	513	540		
10	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600		
11	165	198	231	264	297	330	363	396	429	462	495	528	561	594	627	660		
12	180	216	252	288	324	360	396	432	468	504	540	576	612	648	684	720		
13	195	234	273	312	351	390	429	468	507	546	585	624	663	702	741	780		
14	210	252	294	336	378	420	462	504	546	588	630	672	714	756	798	840		
15	225	270	315	360	405	450	495	540	585	630	675	720	765	810	855	900		
16	240	288	336	384	432	480	528	576	624	672	720	768	816	864	912	960		
17	255	306	357	408	459	510	561	612	663	714	765	816	867	918	969	1020		
18	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	918	972	1026	1080		
19	285	342	399	456	513	570	627	684	741	798	855	912	969	1026	1083	1140		
20	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200		
21	315	378	441	504	567	630	693	756	819	882	945	1008	1071	1134	1197	1260		
22	330	396	462	528	594	660	726	792	858	924	990	1056	1122	1188	1254	1320		
23	345	414	483	552	621	690	759	828	897	966	1035	1104	1173	1242	1311	1380		
24	360	432	504	576	648	720	792	864	936	1008	1080	1152	1224	1296	1368	1440		
25	375	450	525	600	675	750	825	900	975	1050	1125	1200	1275	1350	1425	1500		

Кукуруза

164. Возможный урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3	19	22	24	27	29	32	34	36	39	41	44	46	49	51	53	56
4	26	29	32	36	39	42	45	49	52	55	58	62	65	68	71	75
5	32	36	40	44	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93
6	35	44	49	53	58	63	68	73	78	83	87	92	97	102	107	112
7	45	51	57	62	68	74	79	85	91	96	102	108	113	119	125	130
8	52	58	65	71	78	84	91	97	104	110	117	123	130	136	143	149
9	58	66	73	80	87	95	102	109	117	124	131	139	146	153	160	168
10	65	73	81	89	97	105	113	122	130	138	146	154	162	170	178	186
11	71	80	89	98	107	116	125	134	143	152	160	169	178	187	196	205
12	78	88	97	106	117	126	136	146	156	165	175	185	194	204	214	224
13	84	95	105	116	126	137	147	158	169	179	190	200	211	221	232	242
14	91	102	113	125	136	147	159	170	182	193	204	216	227	238	250	261
15	97	110	121	133	146	158	170	182	194	207	219	231	243	255	267	280
16	104	117	130	142	156	168	182	194	207	220	233	248	262	276	289	298
17	110	124	138	151	165	179	193	207	220	233	248	263	277	292	306	317
18	117	131	146	160	175	189	204	219	233	248	263	277	292	306	321	336
19	123	139	154	169	185	200	216	231	246	262	277	293	308	323	339	354
20	130	146	162	178	195	210	227	243	259	276	292	308	324	340	357	373
21	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	375	392
22	143	161	178	196	214	231	250	267	285	303	321	339	357	374	392	410
23	149	168	186	205	224	242	261	280	298	317	336	354	373	392	410	429
24	156	175	194	214	234	252	272	292	311	331	350	370	389	409	428	447
25	162	182	202	222	243	263	284	304	324	344	365	385	405	426	446	466
26	169	190	211	231	253	274	295	316	337	358	379	400	422	443	464	485
27	175	197	219	240	263	284	306	328	350	372	394	416	438	460	482	503
28	182	204	227	249	273	295	318	340	363	386	408	431	454	477	499	522
29	188	212	235	258	282	306	329	353	376	400	423	447	470	494	517	541
30	195	219	243	267	292	316	340	365	389	413	438	462	484	511	535	559

ми веществами навоза и почвы. Для достижения заданного урожая 800 ц/га на прибавку 320 ц/га (800—480) рассчитывают дозу азота. Она окажется равной 192 кг/га (320 ц/га · 0,45 кг/ц : 0,75). В случае программирования 900 ц/га зеленой массы потребность в NPK определяют на прибавку урожая по азоту 410 ц/га (900—490), по фосфору—81 (900—819) и по калию—85 ц/га (900—815) зеленой массы (табл. 165).

165. Расчет потребности NPK на заданный урожай зеленой массы кукурузы при совместном внесении органических и минеральных удобрений

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Содержится в 1 т навоза питательных веществ (П _н), кг	5,0	2,5	6,0
Коэффициент использования элементов питания из навоза (К _н)	0,35	0,45	0,60
Вынос растениями из 1 т навоза питательных веществ (В' _н =П _н К _н), кг	1,75	1,125	3,6
Из 60 т/га (Д _н) навоза растениями будет усвоено (В _{об} =Д _н В' _н), кг/га	105	67,5	216
Урожай, который может быть получен по элементам питания навоза (У _н =В _н :В ₁), ц/га	233	675	584
Агрохимические показатели почвы (П), мг/100 г	11,0	6,0	19,0
Возможный урожай за счет элементов питания почвы (см. табл. 162—164) (У _{аф}), ц/га	257	144	231
Урожай зеленой массы по элементам питания навоза и почвы (У _н +У _{аф}), ц/га	490	819	815
Программируется получить с 1 га (У _{прог})	900 ц зеленой массы		
Прибавка урожая, которая должна быть получена за счет питательных веществ удобрений (У _{пр} =У _{прог} —У _н +У _{аф}), ц/га	410	81	85
Вынос NPK на прибавку урожая (В _{пр} =У _{пр} В ₁), кг/га	184,5	8,1	31,5
Коэффициент усвоения питательных веществ удобрений в год внесения (К _у)	0,85	0,35	0,95
Нормы NPK на заданный урожай, которые необходимо внести с минеральными удобрениями (Д _{д.н}), кг/га	217	23	33

Запрограммированный урожай зеленой массы кукурузы 900 ц/га будет обеспечен при внесении совместно с навозом $N_{217}P_{23}K_{33}$, или в сумме 273 кг/га NPK туков. 1 кг NPK туков окупится 70 кг зеленой массы (192 ц/га : 273 кг/га NPK). За счет эффективного плодородия почвы будет собрано в среднем 283 ц/га зеленой массы. 1 т навоза обеспечивает получение 7 ц зеленой массы (422 ц/га : 60 т/га).

Схема расчета, представленная в таблице 165, может быть выражена формулой

$$D_{д.в} = \frac{U_{прог} V_1 - PK_M K_n - D_v C_n K_n}{K_v} \quad (53)$$

Чтобы получить 900 ц/га зеленой массы кукурузы, посеы нужно обеспечить таким количеством питательных веществ, которые полностью восполнили бы вынос NPK этим урожаем. На 900 ц/га зеленой массы вынос ($V_{об}$) азота составляет 405 кг/га (900 ц/га · 0,45 кг/ц), фосфора — 90 (900 · 0,1) и 333 кг/га калия (900 ц/га · 0,37 кг/ц). Подставив в формулу (53) величину выноса азота и данные, взятые из таблицы 165, получим, что для формирования урожая 900 ц/га зеленой массы, помимо 60 т/га навоза, требуется внести 217 кг/га азота:

$$D_{д.в} = \frac{(900 \text{ ц/га} \cdot 0,45 \text{ кг/ц}) - (11 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,35) - (60 \text{ т/га} \cdot 5 \text{ кг/т} \cdot 0,85)}{0,85} = 217 \text{ кг/га N.}$$

В таблице 166 приведены нормы навоза и минеральных удобрений под кукурузу на силос при посеве в полевых севооборотах с урожайностью 300—600 ц/га, а также на высокоокультуренных пойменных землях и при орошении с урожайностью зеленой массы 600—800 ц/га.

166. Нормы навоза и NPK туков на заданные урожаи зеленой массы кукурузы, соответственно т/га и кг/га

Элемент питания	Группа почв по содержанию NPK	Программируемый урожай, ц/га			
		300—350	450—500	550—600	600—800
Органические	—	35—40	45—50	50—55	55—60
N	—	60—80	90—100	110—120	120—140
P ₂ O ₅	III	80—90	100—110	120—130	130—140
	IV	75—80	90—100	110—120	120—130
	V	65—75	80—90	100—110	110—120
	VI	55—65	75—80	90—100	100—110
K ₂ O	III	55—65	75—80	85—90	90—110
	IV	50—55	65—75	80—85	85—90
	V	45—50	60—65	75—80	80—85
	VI	40—45	55—60	70—75	75—80

При посеве кукурузы в занятом пару вегетационный период ее составляет 75—80 дней. За это время в средние по влагообеспеченности годы урожай зеленой массы может достичь 250 ц/га. Если учесть, что примерно 100 ц/га получают за счет эффективного плодородия почвы, нормы питательных веществ нужно рассчитывать на прибавку урожая 150 ц/га (250—100). Вынос на прибавку составит: азота — 67,5 кг/га (150 ц/га · 0,45 кг/ц), фосфора — 15 (150 · 0,1) и калия — 55,5 кг/га (150 ц/га · 0,37 кг/ц). При использовании из туков 60% азота, 25 — фосфора и 65% калия потребуется внести $N_{112}P_{60}K_{92}$, или 264 кг/га NPK, если под кукурузу не будет применен навоз. Питательные вещества, не использованные культурой из внесенных туков, учитывают при составлении системы удобрения на заданный урожай озимых.

167. Нормы NPK на заданные урожаи зеленой массы кукурузы, кг/га (по Г. Е. Листопаду и др.)

Элемент питания	Группа почв по содержанию NPK	Программируемый урожай, ц/га							
		300	400	500	600	700	800	900	1000
N	—	100	120	140	160	180	210	240	270
P ₂ O ₅	II	60	75	95	120	—	—	—	—
	III	50	65	80	100	120	140	160	180
	IV	40	50	65	80	95	110	125	140
	V	—	—	60	70	80	90	100	110
	VI	—	—	25	40	55	70	85	100
K ₂ O	III	75	100	125	150	175	200	225	250
	IV	45	65	75	90	105	120	135	150
	V	—	40	50	60	70	80	90	100
	VI	—	—	—	—	—	40	45	50

В таблице 167 приведены нормы питательных веществ на заданный урожай зеленой массы кукурузы, рассчитанные для орошаемых средне- и тяжелосуглинистых каштановых и светло-каштановых почв (разработаны учеными Волгоградского СХИ).

Агрономические требования к глубине обработки почвы и заделке удобрений не совпадают и приводят к разным результатам. При внесении удобрений осенью под плуг питательные вещества туков перемешиваются с большим объемом почвы и в течение семи месяцев (октябрь — апрель) подвержены микробиологическим превращениям. Водорастворимый фосфор удобрений переходит в труднодоступные для растений формы, усиливается необменная фиксация калия частицами почвы, а азот туков значительно вымывается. Если с увеличением глубины обработки почвы до 28—30 см урожай зеленой массы кукурузы без внесения удобрений увеличивается, то глубокая заделка туков снижает эффективность средств химизации (табл. 168).

168. Урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от глубины заделки удобрений

Глубина обработки почвы, см	Урожай зеленой массы, ц/га		Прибавка от NP	Использовано из туков, %		На 1 кг NP получено массы, кг
	без NPK	N ₁₂₀ P ₈₀		азота	фосфора	
10—12	200	342	142	53,3	23,7	79
14—16	250	495	245	90,2	40,8	136
20—22	260	465	205	77,0	34,1	121
28—30	280	439	159	59,3	26,5	88

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Один из важнейших элементов индустриальной технологии возделывания кукурузы — организация работ по повышению плодородия почв. Для этого ежегодно на одном поле севооборота проводят капитальный ремонт за счет внесения 100—120 т/га навоза или 300 ц/га листостебельной массы кукурузы под основную глубокую обработку почвы. Действие органических удобрений достаточно на 7—10 лет, или на ротацию севооборота. Одновременно под основную обработку вносят 90—95% расчетной нормы фосфора и 100% — калия, исключая возможность вымывания их ниже корнеобитаемого слоя. Азот лучше применять весной под предпосевную обработку почвы и в подкормки с междурядными культивациями с учетом особенностей роста и развития растений на различных этапах органогенеза. Наилучшие результаты достигают при подкормке растений в фазы пяти-шести листьев и появления метелки. Такая система удобрения обеспечивает следующие оптимальные агрохимические показатели почв: гумуса — 3,5% и выше, pH 6—7, содержание легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) — 12 мг/100 г, подвижного фосфора (по Мачигину) — 2,5 мг/100 г и (по Чирикову) — 15 мг/100 г, обменного калия (по Мачигину) — 300 мг/100 г и (по Чирикову) — 15 мг/100 г. К_c для перевода содержания фосфора при расчете норм P₂O₅ от метода Мачигина к методу Чирикова составляет 6, калия — от метода Чирикова к методу Мачигина — 2.

Эффективность программированного возделывания значительно повышается при использовании гибридов, обеспечивающих получение 100—130 ц/га зерна.

Технология возделывания кукурузы на программируемый урожай приведена в таблице 169.

169. Технология возделывания кукурузы на зерно урожайностью 100 ц/га

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2

Предшественники Озимые и яровые зерновые, зернобобовые, кукуруза

Основная обработка почвы После уборки зерновых и зернобобовых культур лущение жнивьей лущильниками ЛДГ-10 в агрегате с трактором ДТ-75М или ЛДГ-15 в агрегате с трактором Т-150К на глубину 6—8 см. На полях, засоренных однолетними сорняками, при необходимости проводят повторное дисковое лущение после отрастания сорняков, но не позже чем за 15 дней до начала зяблевой вспашки на глубину 8—10 см. На полях, засоренных корнеотпрысковыми сорняками, повторное лемешное лущение выполняют лущильниками ППЛ-10-25 в агрегате с трактором Т-150К на глубину 12—14 см

По пропашным предшественникам почву фрезеруют или дискуют тяжелыми бородами БДТ-7 или БДТ-10 в агрегате с трактором Т-150К на глубину 10—12 см. Дискование повторяют до полного измельчения пожнивных остатков

Внесение 100—120 т/га навоза или 300 ц/га листостебельной массы навозоразбрасывателем ПРТ-10 в агрегате с трактором Т-150К, фосфора (93—102 кг/га) и калия (52—62 кг/га) машинами РУМ-8 или 1-РМГ-4 в агрегате с трактором МТЗ-80 или МТЗ-82

Глубокая зяблевая вспашка вслед за разбрасыванием органических и минеральных удобрений. На полях, не засоренных или слабозасоренных корнеотпрысковыми сорняками, вспашку проводят на глубину 25—27 см, а на участках, засоренных этими сорняками — на 27—30 см; на смывых, малогумусных черноземах и каштановых почвах — на глубину пахотного слоя плугами ПЛН-4-35 в агрегате с трактором ДТ-75М или ПЛН-6-35 с трактором Т-150К

Влагозарядковый полив

Вслед за плугом по последней борозде необходим влагозарядковый полив нормой 800—1200 м³/га. Если полив проводят после зяблевой вспашки, то осуществляют планировку поля базовым планировщиком или специальными волокушами, затем нарезают поливные борозды культиватором КРН-5,6 с орудничками. На участках с уклоном 0,002—0,001° длина борозды — 80—150 м, расход воды в каждую борозду — 0,5—0,9 л/с, при уклоне 0,008—0,04° соответственно 25—500 и 1,5—3,5; на слабоводопроницаемых почвах расход воды не должен превышать 0,5—1,3 л/с

Предпосевная обработка почвы

Выравнивание зяби при наступлении физической спелости почвы волокушами в сцепке с С-11У в агрегате с трактором ДТ-75М под углом 45° к направлению вспашки

Внесение азота (100 кг/га) туковой сеялкой РУМ-8 или 1-РМГ-4 в агрегате с трактором МТЗ-80 или МТЗ-82

Продолжение

1	2
Посев	На полях, засоренных злаковыми однолетними сорняками, внесение эрадикана комбинированным агрегатом ПОУ+БДТ-7+Т-150К на глубину 8—10 см Предпосевную подготовку почвы осуществляют комбинированными почвообрабатывающими агрегатами типа «Комби-8,8», БП-8 или культиваторам УСМК-5,4 на глубину 5—7 см сразу после внесения гербицида Инкрустированные семена высевают при температуре почвы в слое 10 см 10—12 °С сеялками точного высева (СУПН-8+МТЗ-80 или МТЗ-82). Глубина посева 5—7 см, норма высева — 56,1 тыс. семян/га После посева почву прикатывают кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6 в агрегате с трактором ДТ-75+С-11У. Избыточно увлажненную почву боронуют боронами БЗСС-1,0 в агрегате с трактором ДТ-75М
Уход за посевами	Если поля чистые от сорняков, то из технологической операции исключают дождевое и повсходовое боронования. Первую междурядную культивацию выполняют в фазу 4-го листа (культиватор КРН-5,6 с односторонними бритвами и пропалочными боронками; глубина обработки — 10—12 см, защитная зона — 10 см, скорость движения трактора — не более 6 км/ч); вторую — по мере появления сорняков (КРН-5,6 со стрельчатой лапой посредине рядка и долотом по краям и с пропалочными боронками; глубина обработки — 8—10 см, защитная зона — 10—12 см) При наличии сорняков эти операции проводят в сочетании с химическими мерами борьбы (табл. 170) Третья междурядная обработка целесообразна при высоте растений 50—70 см культиватором КРН-5,6 в агрегате с трактором МТЗ-80 или МТЗ-82. По центру междурядий устанавливают окучники, нарезают поливные борозды и вносят азот (24 кг/га). По мере необходимости посевы орошают
Уборка	Убирают урожай при влажности зерна 30—35% комбайнами КСКУ-6 «Херсонец 200» или СК-5 «Нива» с приставкой ППН-4, но при влажности зерна не более 20—22%

170. Интегрированная система защиты кукурузы от вредителей, болезней и сорняков

Фаза развития	Комплекс мероприятий
1	2

Осенний период

После уборки колосовых предшественников в фазу 5—6 листьев у корнеотпрысковых сорняков опрыскивают почву аминной солью 2,4-Д — 2 кг/га, или 2,4-Д бутиловым эфиром — 1,5 кг/га, или раундапом — 6—8 л/га

Продолжение

1	2
Зимний период	Протравливание семян ТМТД — 1,5—2 кг/т, фентиурамом — 2 кг/т, тигамом — 2 кг/т или гексатиурамом — 3 кг/т для предохранения от заражения фузариозом, нигроспорозом, пыльной головней, а также от плесневения
Ранневесенний период	Обработка почвы гербицидами для уничтожения сорняков (щетиныка, ежовника обыкновенного, а также других злаковых и двудольных сорняков) до посева кукурузы: эрадиканом — 4—8 кг/га, агелоном — 3—4 кг/га на легких и 5—6 кг/га на средних и тяжелых почвах, олеогеза-примом — 2 л/га, зеапосом — 5—6 л/га, атразином — 3—4 кг/га на легких и 5—6 кг/га на средних и тяжелых почвах, 80%-ным симазинном — 1,9—7,5 кг/га или 50%-ным симазинном — 3—12 кг/га Для предупреждения изреживания всходов почвообитающими вредителями при наличии более 3 личинок щелкунов и чернотелок на 1 м², гусениц озимой совки — внесение 25%-ного ГХЦГ перед посевом, или 2%-ного гамма-изомера ГХЦГ одновременно с посевом, или 10%-ного гранулированного базудина — 50 кг/га на юге Европейской части СССР Опрыскивание посевов кукурузы в период появления всходов и повторно через 5—7 дней 16%-ным гамма-изомером ГХЦГ — 1,5—2,5 л/га, 40%-ным метафосом — 1 кг/га, 80%-ным хлорофосом — 1—1,5 кг/га против шведской мухи, озимой совки, южного серого свекловичного долгоносика, кукурузного мотылька, кукурузного крапчика, ивовника, песчаного медляка и других вредителей
Фаза 1—2 листьев	Внесение при наличии в посевах кукурузы 5—10 шт/м² истребителей однолетних сорняков майазина — 5—6 л/га
Фаза 3—5 листьев	Обработка посевов против корнеотпрысковых сорняков 40%-ной аминной солью 2,4-Д — 2—2,5 л/га, или 72%-ным теки. бутиловым эфиром — 0,4—0,7 л/га Для борьбы с сорняками, устойчивыми к 2,4-Д и 2М-4Х, применяют 40%-ный днален — 1,9—3 кг/га
Весенне-летний период	В период массовой яйцекладки озимой совки, кукурузного мотылька и других бабочек выпускают трихограмму в количестве 25—100 тыс. особей на 1 га посева в зависимости от численности яиц и вида вредителя. Выпуск трихограммы осуществляют в два приема — в начале лета бабочек и повторно через 7—10 дней. При массовом отрождении гусениц кукурузного мотылька и повторно через 7—10 дней проводят обработку посевов 80%-ным хлорофосом, или 7%-ным гранулированным хлорофосом — 20—40 кг/га, или 40%-ным метафосом — 1 кг/га

Урожайность позднеспелого сорта при использовании 3% ФАР и приходе 34 ккал/см² будет равна 130,7 ц/га зерна (табл. 171).

Такие урожаи возможны при полной обеспеченности растений всеми факторами жизни. При недостатке фактора, обеспеченность которым является наименьшей, продуктивность соответственно снижается. Урожаи будут уменьшаться и тогда, когда воды, тепла, питательных веществ и света хватает, но сложившиеся почвенно-мелиоративные и организационно-технические условия препятствуют их использованию.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Один из важных факторов, определяющих урожай риса, — влагообеспеченность посевов, которая не только удовлетворяет физиологические потребности растений, но и определяет экологическую среду культуры. Слой воды обеспечивает на рисовом поле микроклимат, стабилизируя температуру почвы и приземную влажность воздуха, создает благоприятные условия для усвоения растениями питательных веществ.

Работа по оптимизации водного режима состоит из следующих операций. Посевы сразу затопляют водой слоем 5—6 см. Во время прорастания семян и в начале появления всходов влажность почвы поддерживают на уровне, близком к наименьшей влагоемкости. Перед обработкой гербицидами поверхность почвы слегка подсушивают и содержат в таком состоянии 48—96 ч. Затем чеки затопляют водой так, чтобы она покрывала пораженную гербицидами сорную растительность в течение 24—48 ч для ее окончательного подавления. До фазы четырех листьев влажность почвы поддерживают в пределах наименьшей влагоемкости. В период от начала кущения растений и до образования семи листьев в чеках создают слой воды 5 см. По окончании кущения с начала выхода растений в трубку слой воды увеличивают и поддерживают в пределах 20—25 см. Глубина затопления в этот период определяется температурой воды, оптимальное значение которой находится на уровне 20—22°C. Если температура выше оптимальной, слой воды повышают до 25—30 см, если она ниже — снижают до 15—20 см. В период цветения и молочно-восковой спелости зерна слой воды поддерживают на уровне 15—20 см. В фазу восковой спелости почву содержат в увлажненном состоянии и окончательно просушивают при полной спелости зерна. В таблице 172 приведен водный баланс рисового поля, соответствующий оптимальному режиму орошения. Как недостаточный, так и избыточный расход воды снижает урожай.

Необеспеченность водой только на 10—20% снижает продуктивность риса в период прорастания — всходы на 20—80%, в период кущения — на 5—10, выхода растений в трубку — на 20—25, цветения — на 20—30, созревания — на 10—20%.

172. Водный баланс рисового поля (по П. С. Ерыгину, Н. В. Натальину)

Статья баланса	Объем воды, тыс. м ³ /га	
	максимальный	минимальный
Расход		
Первоначальное насыщение почвы	2,0	1,0
Испарение и транспирация	9,0	6,0
Фильтрация вертикальная и горизонтальная	10,0	1,0
Проточность (5—20% от подачи)	4,2	0,5
Технологические сбросы (применение гербицидов, подкормки, окончательный осенний сброс)	4,8	1,5
Итого	30,0	10,0
Приход		
Осадки	6,0	2,0
Водоподача	24,0	8,0
Итого	30,0	10,0

Чтобы получить оптимальную густоту стояния растений (250—350 всходов на 1 м²), влажность почвы в период прорастания должна быть не ниже 70—90% НВ. Затопление в этот период снижает всхожесть семян на 30% при слое воды 1 см, на 50% — 5 см.

Глубина и продолжительность затопления в фазу кущения зависят от густоты всходов. Если их количество составляет 250—350 на 1 м², то слой воды 5 см поддерживают до появления на растении одного-двух побегов в течение 5—10 дней, в дальнейшем доводят его до 25—30 см, чтобы общее число продуктивных стеблей было 600—800 на 1 м². Если всходы изреженные (60—100 на 1 м²), то слой воды 5 см поддерживают до образования четырех-пяти побегов на растении и 300—500 продуктивных стеблей на 1 м².

В период выхода растений в трубку формируется метелка. Этот период совпадает с высокими температурами июля, когда вода и воздух прогреваются до температуры 30—35°C. Увеличение слоя воды до 30 см обеспечивает благоприятные условия для роста и развития растений. При орошении холодной водой или в прохладную погоду слой воды не должен превышать 15—20 см. В период созревания риса оптимальная глубина затопления должна быть 15—20 см в течение 35—40 дней после цветения, т. е. до завершения восковой спелости зерна. Полное насыщение почвы влагой по сравнению с затоплением снижает урожай на 10—15%. Сброс воды с чеков ранее чем через 35—40 дней после цветения и их просушивание также уменьшают продуктивность посевов: сброс воды с чеков через 18 дней после цветения приводит к недобору урожая на 10%, через 24 дня на — 5% (Алешин Е. П. и др.).

173. Фитометрические показатели посевов риса различной продуктивности

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га														
	60	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
Заданный урожай сухой биомассы ($У_{\text{биол}}$), ц/га	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
Фотосинтетический потенциал посева (ФП), тыс. м ² /га·дн.	2125	2375	2625	2875	3125	3375	3625	3875	4125	4375	4625	4875	5125	5375	5625
Выход продукции на 1 тыс. единиц ФП, кг:															
сухой биомассы	4,7	4,63	4,57	4,52	4,48	4,44	4,41	4,39	4,38	4,34	4,32	4,31	4,29	4,28	4,27
зерна	2,35	2,31	2,29	2,26	2,24	2,22	2,20	2,19	2,18	2,17	2,16	2,15	2,15	2,14	2,13
Площадь листьев, тыс. м ² /га:															
средняя ($L_{\text{ср}}$)	14	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
максимальная ($L_{\text{макс}}$)	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50,0	52,5	55	57,5	60
Число метелок на 1 м ² , шт.	348	381	414	447	480	513	546	579	602	635	668	701	734	767	800
Продуктивная кустистость	1,4	1,49	1,57	1,64	1,71	1,78	1,84	1,90	1,93	1,98	2,04	2,09	2,13	2,18	2,22
Густота стояния растений к уборке, шт/м ²	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360
Выживаемость семян и растений к уборке, %	60	60	60	60	61	61	61	62	62	63	63	64	64	65	65
Норма высева, млн. семян/га	4,13	4,27	4,40	4,53	4,59	4,72	4,85	4,90	5,03	5,08	5,21	5,25	5,37	5,41	5,54

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Наилучшее использование ФАР посевами и наибольшие урожаи риса наблюдаются при площади листьев 50—60 тыс. м²/га. Если средняя площадь одного листа составляет 18—20 см², среднее число листьев на побеге — пять-шесть, стеблей на растении — два-два с половиной, то оптимальная площадь листьев (50—60 тыс. м²/га) достигается при густоте стояния растений 250—350 на 1 м². Тем не менее необходимо одновременно определять фитометрические параметры посевов различной продуктивности. Например, программируется получить 100 ц/га зерна риса. Этому урожаю соответствует оптимальная площадь листьев 50 тыс. м²/га. За период вегетации позднеспелого сорта формируется фотосинтетически активная площадь листьев, равная в среднем 37 тыс. м²/га (74% от максимальной). Фотосинтетический потенциал посева (ФП) составит 4625 тыс. м²/га·дн. (37 тыс. м²/га·125 дн.). При урожае 100 ц/га зерна на 1 тыс. единиц ФП приходится 2,16 кг зерна (100 ц/га : 4625 тыс. м²/га·дн.), или 4,32 кг сухой биомассы (200 : 4625). Эти показатели настолько взаимосвязаны, что при наличии одного из них можно определить все остальные по экспериментальным данным или теоретически. Урожаю 100 ц/га зерна соответствует 668 метелок на 1 м². Если продуктивная кустистость равна 2,04, то к уборке сохранится 328 продуктивных растений на 1 м². При общей выживаемости семян и растений к уборке 63% необходимо высеять 5,21 млн. семян на 1 га (328 шт/м² : 0,63 = 521 шт/м²) (табл. 173).

Если программируют получить 50 ц/га зерна, то нет необходимости увеличивать норму высева более 4,13 млн. семян, поскольку даже в случае продуктивной кустистости 1,4 к уборке сохранится 348 метелок на 1 м² с массой зерна каждая 1,44 г (50 ц/га : 3,48 млн. метелок/га). При этом можно сэкономить 34% семян.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

В условиях полной или почти полной обеспеченности растений водой, теплом, светом в первом минимуме оказываются элементы минерального питания, особенно азот, во втором — чаще находится тепло, особенно в начальные фазы вегетации растений, реже — вода. Поэтому подготовку к программированию продуктивности риса начинают с выявления уровня обеспеченности почв элементами питания, степени их усвоения растениями, выноса NPK урожаем зерна и соломы и критического содержания основных макро- и микроэлементов в растениях по фазам их роста и развития с целью своевременного вмешательства в процесс питания.

При достаточном азотном питании рис образует мощный стебель и листья, хорошо кустится, формирует метелку с большим количеством зерен. Азот интенсивно поступает в растения в течение 10—15 дней после его применения. Поэтому наряду с основным внесением элемента предусматривают оптимальные сроки подкормки. Первая подкормка — кустовая — в период появления двух настоящих листьев увеличивает число боковых побегов. Более раннее применение азота неэффективно, так как в это время хватает основного удобрения. При позднем сроке использования азота появляется значительное количество непродуктивных боковых побегов. Вторую подкормку — зерновую — проводят в фазу пяти-шести листьев, когда формируется конус нарастания.

Недостаток фосфора отрицательно влияет на ход накопления биомассы, замедляет рост корневой системы, уменьшает сопротивляемость растений к грибным заболеваниям. Фосфорные удобрения вносят заблаговременно — осенью или ранней весной. Применение их в более поздние сроки неэффективно.

Калий поступает в растения непрерывно в течение всей вегетации. Он способствует активному поглощению кислорода молодыми растениями, участвует в формировании конуса нарастания, а следовательно, повышает озерненность метелки. Избыточное количество калия в начале вегетации нарушает белковый обмен, подавляет интенсивность дыхания. Калий, внесенный в подкормку перед цветением, способствует перераспределению питательных веществ в органах растений и их интенсивному оттоку в метелку, что и определяет его влияние на массу зерна.

В зерне риса содержится в среднем 2,08% азота, 0,77 — фосфора и 1,58% калия. С урожаем зерна 100 ц/га растения выносят из почвы 208 кг/га азота ($100 \text{ ц/га} \cdot 2,08 \text{ кг/ц}$), 77 — фосфора ($100 \cdot 0,77$) и 158 кг/га калия ($100 \text{ ц/га} \cdot 1,58 \text{ кг/ц}$). В соломе содержится 0,72% азота, 0,53 — фосфора и 1,82% калия. С эквивалентным количеством соломы (100 ц/га) растения выносят 72 кг/га азота ($100 \text{ ц/га} \cdot 0,72 \text{ кг/ц}$), 53 — фосфора ($100 \cdot 0,53$) и 182 кг/га калия ($100 \text{ ц/га} \cdot 1,82 \text{ кг/ц}$). С урожаем зерна и соломы они отчуждают с поля 280 кг/га азота ($208 + 72$), 130 — фосфора ($77 + 53$) и 340 кг/га калия ($158 + 182$). На 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы рис выносит 2,8 кг азота ($280 \text{ кг/га} : 100 \text{ ц/га}$), 1,3 — фосфора ($130 : 100$) и 3,4 кг калия ($340 \text{ кг/га} : 100 \text{ ц/га}$), которые находятся в урожае в следующем благоприятном соотношении: на 37,33 кг азота приходится 17,34 кг фосфора и 45,33 кг калия (табл. 174).

Зная вынос элементов питания с заданным урожаем, определяют долю участия питательных веществ почвы в его формировании. Недостающее количество питательных веществ вносят с туками или органическими удобрениями, учитывая коэффициенты использования НРК из них. Блок-схема алгоритма расчета возможного урожая риса по содержанию доступных для растений

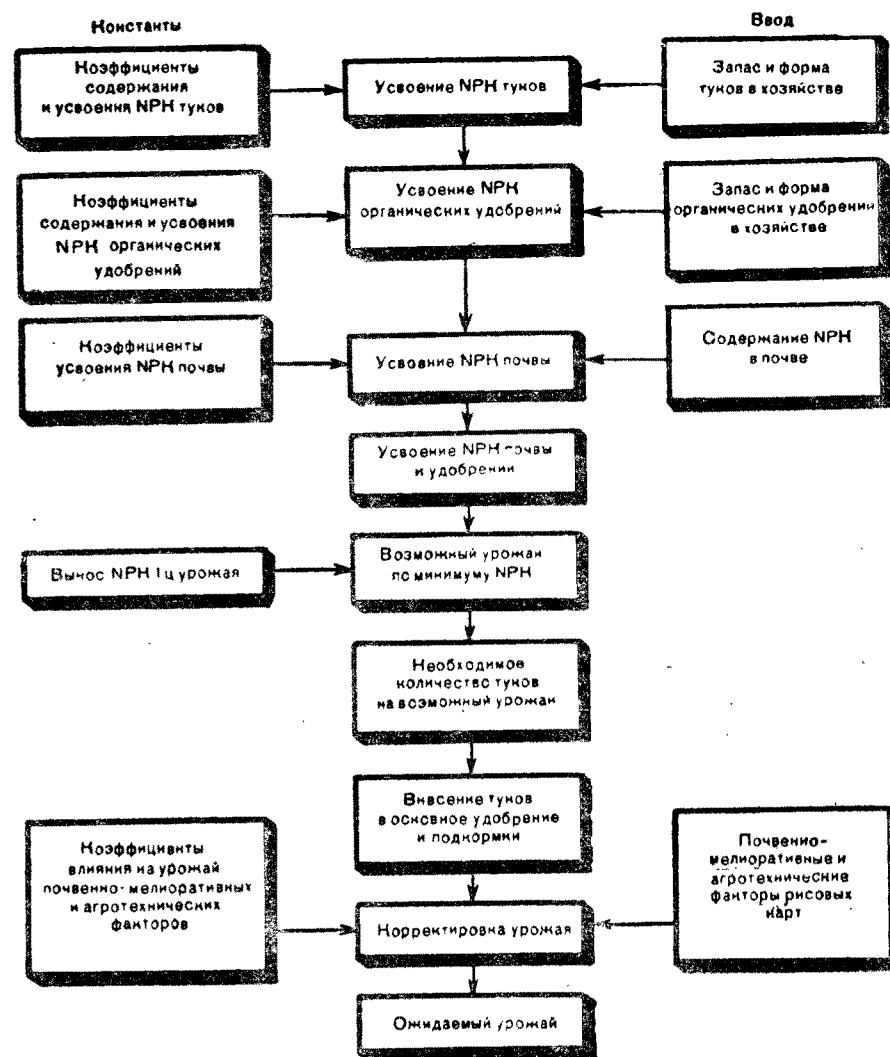


Рис. 6. Блок-схема алгоритма расчета возможного урожая риса по содержанию доступных для растений питательных веществ в почве и по запасу удобрений в хозяйстве (по Е. П. Алешину)

питательных веществ в почве и запасу удобрений в хозяйстве приведена на рисунке 6. Константы, используемые при расчете, даны в таблице 175. Исходная информация по каждому чеку представлена в таблице 176 (столбцы 5—7). Признаком расчета по этой программе является наличие нулей в строке 10 (программируемый урожай) и отсутствие их в строках 61, 66, 67 (запас туков в хозяйстве).

174. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае зерна риса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	2,08	0,77	1,58	4,43
в соломе	0,78	0,53	1,82	3,07
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество побочной продукции, кг	2,80	1,30	3,40	7,50
Содержание NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,464	1,214	2,678
фосфор » » 1	2,154	1,00	2,615	5,769
калий » » 1	0,823	0,382	1,00	2,205
в процентах	37,33	17,34	45,33	100

175. Константы, используемые при программировании урожая риса (по Е. П. Алешину и др.)

Код		Наименование фактора	Индекс фактора	Примечание
группа	фактор			
1	2	3	4	5
01	Оросительная система			
02	Хозяйство			
03	Отделение			
04	Звено, фамилия, имя, отчество звеньевго			
05	Поле севооборота			
06	Поливная карта			
07	Чек			
10	Программируемый урожай			
11	Индекс влияния на урожай типа почв:			
0111	наносные, слабо затронутые почвообразованием, приморские, типичные	0,30		

Коды групп, факторов выражены в восьмеричной системе

Группы 01—10 определяют адрес участка программированного урожая

Группы 11—20 определяют почвенные условия участка

Продолжение

1	2	3	4	5
0121	наносные, слабо затронутые почвообразованием, дельтово-лиманные		0,40	
0211	болотные (плавневые) торфяные, типичные		0,50	
0221	болотные (плавневые) торфяно-глеевые		1,00	
0231	болотные (плавневые) перегибно-глеевые		1,07	
0241	плавневые лугово-болотные		1,00	
0311	луговые (пойменные) аллювиальные на слоистом аллювии, типичные		0,50	
0321	луговые (пойменные) аллювиальные на однородном аллювии		0,60	
0331	пойменные лугово-глеевые		1,19	
0411	лугово-степные черноземовидные, типичные		1,25	
0421	лугово-степные черноземные		1,15	
0511	черноземы карбонатные, малогумусные, сверхмощные, типичные		1,20	
0521	черноземы слабовыщелоченные, малогумусные, сверхмощные		1,25	
0531	черноземы выщелоченные, малогумусные, сверхмощные		1,15	
0541	черноземы слитные, мощные		1,15	
12	Индекс влияния на урожай глубины гумусированного слоя, см:			
01	0—5		0,27	
02	6—10		0,38	
03	11—20		0,55	
04	21—30		0,77	
05	31—40		1,00	
06	41—50		1,23	
07	51—60		1,45	
10	61—80		1,79	

Продолжение

1	2	3	4	5
13	Индекс влияния на урожай механического состава почв:			
11—13	глина (илватая, пылеватая, опесчаненная)	0,90		
21—23	тяжелый суглинок (илватый, пылеватый, опесчаненный)	0,95		
31—33	средний суглинок (илватый, пылеватый, опесчаненный)	1,00		
41—43	легкий суглинок (илватый, пылеватый, опесчаненный)	1,05		
51—53	супесь (илватая, пылеватая, опесчаненная)	0,90		
61—62	песок (илватый, пылеватый)	0,60		
14	Индекс влияния на урожай агрегатного состава почв:			
000	бесструктурная	1,00		
111	листовая	0,95		
112	плитчатая	0,90		
113	пластинчатая	0,95		
224	мелкопризматическая	0,90		
225	призматическая	0,80		
226	крупнопризматическая	0,70		
311	очень мелкокомковатая	1,20		
312	мелкокомковатая	1,10		
313	комковатая	1,00		
314	крупнокомковатая	0,90		
315	мелкоглыбистая	0,80		
316	глыбистая	0,70		
317	крупноглыбистая	0,60		
321	очень мелкозернистая	1,20		
322	мелкозернистая	1,15		
323	зернистая	1,10		
324	крупнозернистая	1,05		
325	мелкоореховатая	1,00		
326	ореховатая	1,00		
327	крупноореховатая	0,95		
414	мелкостолбовидная	0,95		
415	столбовидная	0,90		
416	крупностолбовидная	0,85		
424	мелкостолбчатая	0,80		
425	столбчатая	0,75		
426	крупностолбчатая	0,70		

Продолжение

1	2	3	4	5
15	Индекс влияния на урожай консистенции почв:			
	11	сильносцементированная	0,80	
	12	сцементированная	0,85	
	22	слабосцементированная	0,90	
	23	компактная	0,92	
	33	слабокомпактная	0,94	
	44	уплотненная	0,96	
	54	слабоуплотненная	0,98	
	55	рыхловатая	1,00	
	64	рыхлая	1,00	
	65	сильнорыхлая	1,00	
	70	сыпучая	1,00	
	71	текучая	0,90	
	72	плывунная	0,80	
16	Индекс влияния на урожай обилия фитогенных элемен- тов, % объема почвы:			Ориентировочно
	01	очень редкое, до 5	1,10	
	02	редкое, 5—25	1,00	
	03	среднее, 25—50	0,80	
	04	обильное, 50	0,60	
17	Индекс влияния на урожай карбонатности почвы			Отсутствия инфор- мации
20	Индекс влияния на урожай кислотности почв:			
	01	сильнокислые, pH 3,1—4,0	0,80	
	02	кислые, pH 4,1—5,0	0,90	
	03	слабокислые, pH 5,1—6,0	0,95	
	04	нейтральные, pH 6,1—8,0	1,00	
	05	слабощелочные, pH 8,1— 9,0	0,95	
	06	щелочные, pH 9,1—10,0	0,90	
	07	сильнощелочные, pH 10,0—11,0	0,80	
21	Индекс характера засоления:			Группы 21—30
	01	хлоридное	1,00	Определяют агрохи- мические условия участка
	02	сульфатно-хлоридное	1,50	
	03	хлоридно-сульфатное	3,00	
	04	сульфатное	6,00	
	05	содово-сульфатно-хло- ридное	1,10	
	06	содово-хлоридно-суль- фатное	1,10	
	07	содово-хлоридное	0,70	
	10	содово-сульфатное	1,00	
	11	хлоридно-содовое	1,00	
	12	сульфатно-содовое	1,00	
	13	сульфатно-хлоридно-гид- рокарбонатное	2,00	

Продолжение

1	2	3	4	5
22	Индекс влияния на урожай степени засоления почв (по сумме эквивалентных солей, %), в пересчете на хлоридное:		Сумма эквивалентных солей равна частному от деления суммы солей на индекс характера засоления	
01	незасоленные, <0,05	1,0		
02	слабозасоленные, 0,05—0,10	1,00		
03	» 0,10—0,15	0,90		
04	среднезасоленные, 0,15—0,20	0,80		
05	среднезасоленные, 0,20—0,30	0,70		
06	сильнозасоленные, 0,30—0,50	0,60		
07	сильнозасоленные, 0,50—0,70	0,50		
10	очень засоленные, >0,70	0,00		
23	Индекс влияния на урожай емкости катионного обмена, мг·экв:			
01	0—5	0,84		
02	6—10	0,87		
03	11—20	0,90		
04	21—30	0,92		
05	31—40	0,95		
06	41—50	0,98		
07	51—60	1,00		
10	61—80	1,00		
24	Индекс влияния на урожай содержания гумуса в почве, % от массы почвы:			
01	0—0,5	0,60		
02	0,5—1,0	0,75		
03	1,0—2,0	0,90		
04	2,0—3,0	0,95		
05	3,0—4,0	1,00		
06	4,0—5,0	1,05		
07	5,0—6,0	1,10		
10	6,0—8,0	1,20		
25	Содержание легкогидролизуемого азота в почве (по Тюрину, Кононовой), мг/100 г		Учитывается в программе расчета пищевого режима	
26	Содержание подвижного фосфора в почве (по Кирсанову), мг/100 г		То же	
27	Содержание обменного калия в почве (по Бровкиной), мг/100 г		»	

Продолжение

1	2	3	4	5
31	Индекс влияния на урожай типа поливной карты и площади чеков, га:		Группа 30 зарезервирована на случай возможного увеличения агрохимических факторов	
	карты краснодарского типа			
101	0—1	0,90		
102	1—2	0,93		
103	2—3	0,97		
104	3—4	1,00		
105	4—5	1,03		
106	5—6	1,05		
107	6—7	1,07		
110	7—8	1,10		
111	8—9	1,13		
	карты с широким фронтом залива (карты-чеки)			
201	4—6	1,18		
202	6—8	1,23		
203	8—10	1,28		
204	10—12	1,32		
205	12—14	1,37		
206	14—16	1,42		
207	16—18	1,46		
210	18—20	1,51		
32	Индекс влияния на урожай террасности чеков:		Группы 31—40 определяют инженерно-и организационно-технические условия участка	
01	-4—(-3)	0,50		
02	-3—(-2)	0,65		
03	-2—(-1)	0,80		
04	-1—0	0,90		
05	0—(+1)	1,05		
06	1—2	1,20		
07	2—3	1,35		
10	3—4	1,20		
33	Индекс влияния на урожай фильтруемости чека, л/с на 1 га (мм за сезон):			
01	0—0,1 (0—100)	1,00		
02	0,1—0,2 (100—200)	0,99		
03	0,2—0,3 (200—300)	0,98		
04	0,3—0,4 (300—400)	0,97		
05	0,4—0,6 (400—600)	0,95		
06	0,6—0,8 (600—800)	0,93		
07	0,8—1,0 (800—1000)	0,91		
10	1,0—1,2 (1000—1200)	0,89		

Продолжение

1	2	3	4	5
34	Индекс влияния на урожай дефектности планировки, см от плоскости допустимого превышения:			
	00	0		1,00
	01	0—1		0,93
	02	1—2		0,80
	03	2—3		0,67
	04	3—4		0,57
	05	4—5		0,49
	06	5—6		0,42
	07	6—8		0,32
	10	8—10		0,24
	11	10—12		0,22
	12	12—14		0,21
	13	14—16		0,20
	14	16—20		0,19
35	Индекс влияния на урожай уровня стояния грунтовых вод, м от поверхности почвы:			
	01	0—0,2		0
	02	0,2—0,4		0,05
	03	0,4—0,6		0,10
	04	0,6—1,0		0,55
	05	1,0—1,5		0,78
	06	1,5—2,0		1,00
	07	2,0—2,5		1,15
	10	2,5—3,0		1,23
36	Индекс влияния на урожай уровня механизации:			
	01	начальный		0,86
	02	средний		1,00
	03	высокий		1,20
37	Индекс влияния на урожай уровня интенсификации:			
	01	начальный		0,86
	02	средний		1,00
	03	высокий		1,20
40	Индекс влияния на урожай уровня специализации, удель- ный вес риса в валовой про- дукции растениеводства, %:			
	01	до 20		0,85
	02	до 40		0,94
	03	до 60		0,99
	04	до 80		1,00
	05	до 100		0,97

Продолжение

1	2	3	4	5
41	Индекс влияния на урожай типа севооборотов:			
	обычного:			
	10	восьмипольного		1,00
	20	семипольного		1,01
	30	шестипольного		1,02
	40	пятипольного		1,02
	50	четырепольного		1,01
	60	трехпольного		1,01
	интенсивного:			
	11	восьмипольного		0,98
	21	семипольного		0,99
	31	шестипольного		1,00
	41	пятипольного		1,00
	51	четырепольного		1,00
	61	трехпольного		1,00
42	Индекс влияния на урожай года возделывания риса по рису:			
	01	первый (по пласту)		1,00
	02	второй (по обороту пла- ста)		0,98
	03	третий		0,96
	04	четвертый		0,94
	05	пятый		0,92
	06	шестой		0,90
	07	седьмой		0,88
	10	восьмой		0,86
43	Индекс влияния на урожай ти- па предпосевной обработки почвы (число обработок):			
	по зяби:			
	01	{ чизелевание (2) перепашка (1) дискование (2)		1,00
	02	фрезерование (1)		1,07
	03	{ перепашка (1) дискование (2)		0,98
	04	чизелевание (1)		0,98
	по весновспашке:			
	11	{ чизелевание (2) перепашка (1) дискование (2)		0,88
	12	фрезерование (1)		0,94

Группы 41—60 опре-
деляют агротехни-
ческие условия уча-
стка

Продолжение

1	2	3	4	5
	13	{ перепашка (1) дискование (2)	0,86	
	14	чизелевание (1)	0,86	
44	Индекс влияния на урожай сроков посева:			
	01	1 апреля	0,60	
	05	5 »	0,70	
	12	10 »	0,92	
	17	15 »	0,94	
	24	20 »	0,98	
	31	25 »	0,99	
	36	30 »	1,00	
	43	5 мая	1,00	
	50	10 »	0,99	
	55	15 »	0,98	
	62	20 »	0,94	
	67	25 »	0,92	
	74	30 »	0,70	
	77	2 июня	0,60	
45	Индекс влияния на урожай интервала от посева до за- топления, дней:			
	01	1	1,00	
	02	2	1,00	
	03	3	0,99	
	04	4	0,98	
	05	5	0,90	
	06	6	0,82	
	07	7	0,79	
	10	8	0,76	
46	Индекс влияния на урожай способов посева:			
	01	разбросной без заделки семян	0,92	
	02	разбросной с заделкой се- мян	0,98	
	03	рядовой сплошной	1,00	
	04	узкорядный	1,16	
	05	диагонально-перекрест- ный	1,00	
	06	широкорядный	0,95	
47	Индекс влияния на урожай глубины посева семян, см:			
	01	0—1	0,95	
	02	1—2	1,00	
	03	2—3	1,00	
	04	3—4	0,95	
	05	4—5	0,90	

Продолжение

1	2	3	4	5
	06	5—6	0,85	
	07	6—7	0,75	
	10	7—8	0,65	
50	Лабораторная всхожесть се- мян сорта Краснодар- ский 424:			
	111	I класса	0,96	
	112	II »	0,92	
	113	III »	0,85	
	114	неклассные	0,70	
	Полевая всхожесть семян сор- та Краснодарский 424:			
	121	I класса	0,65	
	122	II »	0,40	
	123	III »	0,25	
	124	неклассные	0,10	
	Полевая всхожесть семян сор- та Кубань 3:			
	221	I класса	0,60	
	222	II »	0,30	
	223	III »	0,08	
	224	неклассные	0,02	
	Полевая всхожесть семян сор- та Дубовский 129:			
	321	I класса	0,58	
	322	II »	0,26	
	323	III »	0,12	
	324	неклассные	0,04	
51	Индекс влияния на урожай способа предпосевной обра- ботки семян:			
	01	сухие семена без обработ- ки	1,00	
	02	замоченные в воде	1,23	
		замоченные в 0,5%-ном растворе:		
	03	B	1,26	
	04	Co	1,32	
	05	Mn	1,35	
	06	Cu	1,43	
	07	Mo	1,32	
	10	Mg	1,23	
	11	гранозана сухого	1,10	

Продолжение

1	2	3	4	5
52	Индекс влияния на урожай нормы высева, шт/м ² :			
	01	400	0,96	
	02	500	1,00	
	03	600	1,05	
	04	700	1,09	
	05	800	1,14	
	06	900	1,18	
	07	1000	1,23	
	10	1100	1,27	
	11	1200	1,32	
	12	1300	1,36	
53	Индекс влияния на урожай сроков уборки, дней после цветения:			
	01	80	0,80	
	02	82	0,85	
	03	34	0,90	
	04	36	0,95	
	05	38	0,96	
	06	40	0,97	
	07	42	0,98	
	10	44	0,99	
	11	46	1,00	
	12	48	1,00	
	13	50	1,00	
	14	52	1,00	
	15	54	0,99	
	16	56	0,98	
	17	58	0,97	
	20	60	0,95	
54	Индекс влияния на урожай известкования, ц/га извест- пушенки		Отсутствие информа- ция	
55	Индекс влияния на урожай химической обработки посе- вов		То же	
56	Индекс влияния на урожай характера и степени засо- ренности участка:		Код характера степе- ни засоренности, зараженности вре- дителями и болез- нями состоит из четырёхзначного числа. Две первые цифры (до тире) определяют харак- тер, две вторые (после тире)—сте- пень засоренности или заражения	
	характер засоренности			
	01—	просо рисовое	1,00	
	02—	« сжатое	1,00	
	03—	» куриное	1,00	
	04—	тростник обыкновенный	2,00	
	05—	клубникамыш	2,00	
	06—	рогоз	1,80	
	07—	ситничек	1,00	
	10—	стрелолист	1,00	

Продолжение

1	2	3	4	5
	степень засоренности, шт/м ² эквивалентных ра- стений:			
—01	0—20	0,97	Количество эквива- лентных растений равно количеству фактических расте- ний, умноженному на индекс характе- ра засорения	
—02	21—40	0,95		
—03	41—60	0,92		
—04	61—80	0,90		
—05	81—100	0,85		
—06	101—120	0,80		
—07	121—140	0,75		
—10	141—160	0,69		
—11	161—180	0,57		
—12	181—200	0,55		
—13	201—240	0,48		
—14	241—280	0,41		
—15	281—320	0,33		
—16	321—360	0,26		
—17	361—400	0,18		
—20	401—450	0,10		
57	Индекс влияния на урожай за- раженности посевов вред- телями:			Ориентировочно
	характер зараженности			
01—	щитовой рачок	0,5		
02—	лепестерня	0,5		
03—	ручейники	0,5		
04—	ячменный минер	2,0		
05—	рисовый минер	2,0		
06—	рисовый комарик	1,0		
07—	прибрежная мушка	1,0		
10—	рисовый долгоносик	1,5		
	степень зараженности, шт/м ² эквивалентных вре- дителей:			
—01	0—5	1,00	Количество эквива- лентных вредите- лей равно количе- ству фактических вредителей, умно- женному на индекс характера зара- женности	
—02	6—10	0,98		
—03	11—20	0,96		
—04	21—30	0,94		
—05	31—40	0,92		
—06	41—60	0,90		
—07	61—80	0,85		
—10	81—100	0,80		

Продолжение

1	2	3	4	5
60	Индекс влияния на урожай зараженности посевов болезнями:		Ориентировочно	
	характер зараженности:			
01—	пирикулярноз	1,0		
02—	гельминтоспориоз	0,2		
03—	корневая гниль	0,5		
04—	гниль всходов	0,5		
05—	бактериальный ожог	0,5		
06—	прочие болезни			
	степень зараженности, % эквивалентности поражения растений:			
			Процент эквивалентности поражения равняется проценту фактически пораженных растений, умноженному на индекс характера зараженности	
—01	0—1	1,00		
—02	1—2	0,98		
—03	2—4	0,96		
—04	4—6	0,94		
—05	6—10	0,90		
—06	10—15	0,85		
—07	15—20	0,80		
—10	20—30	0,70		
—11	30—40	0,60		
—12	40—60	0,50		
—13	60—80	0,30		
—14	80—100	0,10		
61	Индекс эффективности азотных удобрений:			
01—	сульфат аммония	1,00		
02—	цианамид кальция	1,13		
03—	мочевина	1,04		
04—	селитра аммиачная	0,93		
05—	» кальциевая	0,93		
06—	» натриевая	0,93		
07—	» калийная	0,93		
10—	прочие минеральные удобрения:			
11—	навоз крупного рогатого скота	1,15		
12—	навоз свиной	1,10		
13—	навозная жижа	1,05		
14—	навоз жидкий крупного рогатого скота	1,05		
15—	навоз жидкий свиной	1,05		
16—	птичий помет	1,20		
17—	прочие органические удобрения			

Продолжение

1	2	3	4	5
61	—01 —20	Запас азотных удобрений в хозяйстве, ц/га		Код соответствует округленному до целого значения ц/га, выраженному в восьмичисловой системе
66	Индекс эффективности фосфорных удобрений:			Группы кодов 62—65, 70 используются для определения доз, способов и сроков подкормок
	01—	суперфосфат порошковидный	1,10	
	02—	суперфосфат гранулированный	1,10	
	03—	суперфосфат двойной	1,10	
	04—	преципитат	0,93	
	05—	прочие минеральные удобрения		
	11—	навоз крупного рогатого скота	1,15	
	12—	навоз свиной	1,10	
	13—	навозная жижа	1,05	
	14—	навоз жидкий крупного рогатого скота	1,05	
	15—	навоз жидкий свиной	1,05	
	16—	птичий помет	1,20	
	17—	прочие органические удобрения		
67	Индекс эффективности калийных удобрений:			
	01—	хлористый калий	1,00	
	02—	40%-ная калийная соль	1,00	
	03—	сильвинит	1,00	
	04—	сульфат калия	1,00	
	05—	поташ	1,00	
	06—	прочие минеральные удобрения		
	11—	навоз крупного рогатого скота	1,15	
	12—	навоз свиной	1,10	
	13—	навозная жижа	1,05	
	14—	навоз жидкий крупного рогатого скота	1,05	
	15—	навоз жидкий свиной	1,05	
	16—	птичий помет	1,20	
	17—	прочие органические удобрения		

Продолжение

1	2	3	4	5
66	—01	Запас фосфорных удобрений в хозяйстве, ц/га		Код соответствует округленному до целого значения ц/га, выраженному в восьмичисловой системе
67	—20	Запас калийных удобрений в хозяйстве, ц/га		
101		Вынос урожая, кг/ц:		
	01	азота	2,42	
	02	фосфора	1,24	
	03	калия	3,15	
102		Использование NPK из почвы, %:		
	01	азота	70	
	02	фосфора	50	
	03	калия	70	
108		Использование NPK из минеральных удобрений стандартной формы, %:		
	01	азота	50	По сульфату аммония
	02	фосфора	35	По суперфосфату порошковидному
	03	калия	80	По хлористому калию
104		Использование из органических удобрений азота, кг/10 т:		
	11	навоз крупного рогатого скота	9,0	
	12	навоз свиной	5,0	
	13	навозная жижа	8,0	
	14	навоз жидкий крупного рогатого скота	8,0	
	15	навоз жидкий свиной	7,0	
	16	птичий помет	24,0	
	17	прочие органические удобрения		
105		Использование из органических удобрений фосфора, кг/10 т:		
	11	навоз крупного рогатого скота	5,0	
	12	навоз свиной	3,0	
	13	навозная жижа	2,0	
	14	навоз жидкий крупного рогатого скота	3,0	
	15	навоз жидкий свиной	2,0	
	16	птичий помет	20,0	
	17	прочие органические удобрения		

Продолжение

1	2	3	4	5
106		Использование из органических удобрений калия, кг/10 т:		
	11	навоз крупного рогатого скота	30,0	
	12	навоз свиной	30,0	
	13	навозная жижа	24,0	
	14	навоз жидкий крупного рогатого скота	13,0	
	15	навоз жидкий свиной	17,0	
	16	птичий помет	40,0	
	17	прочие органические удобрения		
107		Содержание азота, кг д.в. на 1 ц:		
	01	сульфат аммония	20	
	02	цианамид кальция	20	
	03	мочевина	46	
	04	селитра аммиачная	34	
	05	» кальциевая	35	
	06	» натриевая	35	
	07	» калийная	35	
	10	прочие азотные удобрения		
110		Содержание фосфора, кг на 1 ц:		
	01	суперфосфат порошковидный	15	
	02	суперфосфат гранулированный	20	
	03	суперфосфат двойной	45	
	04	преципитат	40	
	05	прочие фосфорные удобрения		
111		Содержание калия, кг на 1 ц:		
	01	хлористый калий	55	
	02	40%-ная калийная соль	40	
	03	сильвинит	12	
	04	сульфат калия	45	
	05	поташ	55	
	06	прочие калийные удобрения		
112	01	Абсолютная масса 1000 семян, г	27,0	
	02	Озерненность метелки, шт.	100	При стандартном водном и температурном режимах
	03	Продуктивная кустистость	3	
	04	Всхожесть семян, %	65	

Продолжение

1	2	3	4	5
113	01	Коэффициент пересчета д. в. от мг/100 г почвы в кг/га	30	
	02	Коэффициент пересчета процентного содержания в часть от целого	0,01	
176.	Ввод (почвенно-мелниоративные, агротехнические, инженерно- и организационно-технические факторы) (по Е. П. Алешину и др.)			

Код группы	Наименование фактора	Код фактора				
1	2	3	4	5	6	7
01	Система	01	01	01	01	01
02	Хозяйство	04	04	04	04	04
03	Отделение	01	01	01	01	01
04	Звено	06	06	06	06	06
05	Поле севооборота	10	10	10	10	10
06	Карта	17	17	17	17	17
07	Чек	01	02	03	04	05
10	Программируемый урожай	100	100	000	000	000
11	Тип почв	0241	0241	0311	0311	0311
12	Глубина гумусированного слоя	03	03	02	02	02
13	Механический состав почвы	12	12	21	21	21
14	Агрегатный состав почвы	415	415	424	424	424
15	Консистенция	22	22	44	44	44
16	Фитогенные элементы	02	02	02	02	02
17	Карбонатность	00	00	00	00	00
20	Кислотность	03	03	03	05	05
21	Характер засоления	02	02	02	02	02
22	Степень засоления	02	02	03	03	03
23	Емкость катионного обмена	04	04	03	03	03
24	Содержание гумуса	03	03	02	02	02
25	» азота	04	05	03	06	06
26	» фосфора	02	03	04	01	03
27	» калия	06	05	07	11	04
31	Площадь чека	104	105	103	105	106
32	Террасность чека	03	02	03	04	01
33	Фильтруемость	03	04	01	05	06
34	Качество планировки	01	02	01	01	01
35	Уровень грунтовых вод	10	10	07	06	10
36	» механизации	02	02	02	02	02
37	» интенсификации	02	02	02	02	02
40	» специализации	04	04	04	04	04

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
41	Тип севооборота	020	020	020	020	020
42	Предшественник	03	03	03	03	03
43	Обработка почвы	02	02	02	02	02
44	Способ посева	36	36	36	36	36
45	» затопления	02	02	02	02	02
46	Сроки посева	05	05	05	05	05
47	Глубина посева семян	02	02	02	02	02
50	Класс семян	111	111	111	111	111
51	Обработка семян	01	01	01	01	01
52	Норма высева	04	04	04	04	04
53	Сроки уборки	11	11	11	11	11
54	Известкование	00	00	00	00	00
55	Химобработки	00	00	00	00	00
56	Засоренность	0204	0204	0204	0204	0204
57	Вредители	0603	0603	0603	0603	0603
60	Болезни	0101	0101	0101	0101	0101
61	Запас азота	00	00	12	12	12
66	» фосфора	00	00	10	10	10
67	» калия	00	00	02	02	02

Расчет выполняют следующим образом. Исходя из имеющихся форм и количества туков в хозяйстве, в пересчете на 1 га определяют возможное поступление в почву эффективного количества NPK. Для этого запас туков в центнерах на 1 га умножают на процентное содержание действующего вещества и коэффициент эффективности формы туков. Определяют доступное растениям количество NPK из туков, для чего результаты предыдущих вычислений умножают на соответствующий коэффициент усвоения растениями NPK из туков. Аналогично рассчитывают возможный вынос NPK из органических удобрений и из почвы. Определяют суммарный вынос NPK из почвы, органических и минеральных удобрений. По каждому действующему веществу определяют возможный урожай, для чего суммарный вынос каждого из них делят на вынос 1 ц урожая. Определяют возможный урожай, за который принимают наименьший из трех, рассчитанных отдельно по запасам азота, фосфора и калия. Определяют необходимое количество туков на возможный урожай. Рассчитывают количество туков, вносимых перед посевом и в подкормки. Осуществляют корректировку возможного урожая по параметрам почвенно-мелиоративного и агротехнического комплексов. Определяют структуру урожая и норму высева на заданный урожай.

В зависимости от площади, на которой предусматривается собрать программируемый урожай, и степени детализации расчетов перечисленные данные собирают дифференцированно по каждому чеку, поливной карте, полю или участку севооборота.

Для удобства систематизации и последующей обработки фактические или возможные и оптимальные значения влияющих на урожай факторов группируют, кодируют и заносят в специальные кодовые карты, составляемые на каждый участок, где будут выращивать программируемый урожай. До начала весенне-полевых работ информацию с кодовых карт по имеющимся средствам связи (телефону, телеграфу, телетайпу) или непосредственно сами кодовые карты передают в вычислительный центр (ВЦ) для обработки.

На ВЦ по полученным данным и в соответствии с принятой программой расчета определяют возможный урожай при ограниченных производственных ресурсах или минимально необходимые производственные ресурсы на заданный урожай, а также оптимальные значения параметров водного и температурного режимов, корректируют значения остальных факторов.

В результате обработки полученной информации ВЦ выдает расчетные значения параметров (либо соответствующие им коды), которые с использованием тех же средств связи передают хозяйству.

Перед началом работ кодовые карты направляют бригадирам или звеньевым, которые осуществляют планирование и подготовку сельскохозяйственных работ.

С началом весенне-полевых работ на кодовых картах отмечают фактические значения факторов. Если складывающиеся агрометеорологические условия не позволяют выдерживать запланированные значения факторов, оптимизацию результата осуществляют изменением параметров других факторов. Так, снижение урожая из-за недостаточно высокого качества семян можно компенсировать их предпосевным замачиванием, выбором более рационального способа посева и увеличением нормы высева и др. Для этого коды факторов, отклонившихся от расчетных значений, тем же способом передают на ВЦ, где их корректируют.

В таблицах 177—179 приведены величины возможных урожаев риса, рассчитанные по содержанию в почве азота, фосфора и калия. Эти данные используют для определения прибавки урожая риса, которая должна быть получена за счет внесения НРК с минеральными удобрениями. По таблице 177 определяют, что при содержании азота 16 мг/100 г почвы и использовании его растениями на 35% возможный урожай зерна риса составит 60 ц/га $[(16 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,35) : 2,8 \text{ кг/ц}]$. Содержанию фосфора 12 мг/100 г и усвоению его из почвы на 20% соответствует получение 55,4 ц/га $[(12 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,20) : 1,3 \text{ кг/ц}]$ (см. табл. 178). Если из почвы усваивается 20% калия при содержании его 30 мг/100 г, то возможен сбор зерна риса 52,8 ц/га $[(30 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,2) : 3,4 \text{ кг/ц}]$ (см. табл. 179). За вычетом этих показателей по элементам питания туков можно получить 40 ц/га зерна по азоту (100—60), 44,6 — по фосфору (100—55,4)

177. Возможный урожай зерна риса в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	6,4	6,7	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,7	9	9,3	9,6	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2
4	8,6	9,0	9,4	9,8	10,3	10,7	11,1	11,6	12	12,4	12,8	13,3	13,7	14,1	14,6	15,0
5	10,7	11,2	11,8	12,3	12,8	13,4	13,9	14,4	15	15,5	16,0	16,6	17,1	17,6	18,2	18,7
6	12,8	13,5	14,2	14,8	15,4	16,1	16,7	17,3	18	18,7	19,3	19,9	20,6	21,2	21,8	22,5
7	15,0	15,7	16,5	17,2	18,0	18,8	19,5	20,2	21	21,8	22,5	23,2	24,0	24,7	25,5	26,2
8	17,1	18,0	17,9	19,7	20,6	21,4	22,2	23,1	24	24,9	25,7	26,6	27,4	28,2	29,1	30,0
9	19,3	20,2	21,2	22,1	23,1	24,1	25,0	26,0	27	28,0	28,9	29,9	30,9	31,8	32,8	33,7
10	21,4	22,5	23,6	24,6	25,7	26,8	27,8	28,9	30	31,1	32,1	33,2	34,3	35,3	36,4	37,5
11	23,6	24,7	25,9	27,1	28,3	29,5	30,6	31,8	33	34,2	35,3	36,5	37,7	38,9	40,1	41,2
12	25,7	27,0	28,3	29,6	30,8	32,1	33,4	34,7	36	37,3	38,6	39,8	41,1	42,4	43,7	45,0
13	27,8	29,2	30,6	32,0	33,4	34,8	36,2	37,6	39	40,4	41,8	43,2	44,6	46,0	47,3	48,7
14	30,0	31,5	33,0	34,5	36,0	37,5	39,0	40,5	42	43,5	45,0	46,5	48,0	49,6	51,0	52,5
15	32,1	33,7	35,3	37,0	38,6	40,2	41,8	43,4	45	46,6	48,2	49,8	51,4	53,0	54,6	56,2
16	34,3	36,0	37,7	39,4	41,1	42,9	44,6	46,3	48	49,7	51,4	53,1	54,9	56,6	58,3	60,0
17	36,4	38,2	40,1	41,9	43,7	45,5	47,3	49,2	51	52,8	54,6	56,5	58,3	60,1	61,9	63,7
18	38,6	40,5	42,4	44,3	46,3	48,2	50,1	52,1	54	55,9	57,8	59,8	61,7	63,6	65,6	67,5
19	40,7	42,7	44,8	46,8	48,8	50,9	52,9	55,0	57	59,0	61,1	63,1	65,1	67,2	69,2	71,2
20	42,8	45,0	47,1	49,3	51,4	53,6	55,7	57,8	60	62,1	64,3	66,4	68,6	70,7	72,8	75,0
21	45,0	47,2	49,5	51,7	54,0	56,2	58,5	60,7	63	65,2	67,5	69,7	72,0	74,2	76,5	78,7
22	47,1	49,5	51,8	54,2	56,6	58,9	61,3	63,6	66	68,3	70,6	73,1	75,4	77,8	80,1	82,5
23	49,3	51,7	54,2	56,7	59,1	61,6	64,1	66,5	69	71,5	73,9	76,4	78,9	81,3	83,8	86,2
24	51,4	54,0	56,6	59,1	61,7	64,3	66,9	69,4	72	74,6	77,1	79,7	82,3	84,9	87,4	90,0
25	53,6	56,2	58,9	61,6	64,3	67,0	69,7	72,3	75	77,7	80,3	83,0	85,7	88,4	91,1	93,7

178. Возможный урожай зерна риса в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
3	3,5	4,1	4,8	5,5	6,2	6,9	7,6	8,3	9	9,7	10,4	11,1	11,8	12,4	13,1	13,8			
4	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3	9,2	10,1	11,1	12	12,9	13,8	14,8	15,7	16,6	17,5	18,5			
5	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5	12,7	13,8	15	16,1	17,3	18,5	19,6	20,8	21,9	23,1			
6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,8	15,2	16,6	18	19,4	20,8	22,1	23,5	24,9	26,3	27,7			
7	8,1	9,7	11,3	12,9	14,5	16,1	17,8	19,4	21	22,6	24,2	25,8	27,5	29,1	30,7	32,3			
8	9,2	11,1	12,9	14,8	16,6	18,5	20,3	22,1	24	25,8	27,7	29,5	31,4	33,2	35,1	36,9			
9	10,4	12,4	14,5	16,6	18,7	20,8	22,8	24,9	27	29,1	31,1	33,2	35,3	37,4	39,4	41,5			
10	11,5	13,8	16,1	18,5	20,8	23,1	25,4	27,7	30	32,3	34,6	36,9	39,2	41,5	43,8	46,1			
11	12,7	15,2	17,8	20,3	22,8	25,4	27,9	30,5	33	35,5	38,1	40,6	43,1	45,7	48,2	50,8			
12	13,8	16,6	19,4	22,1	24,9	27,7	30,5	33,2	36	38,8	41,5	44,3	47,1	49,8	52,6	55,4			
13	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0			
14	16,1	19,4	22,6	25,8	29,1	32,3	35,5	38,8	42	45,2	48,4	51,7	54,9	58,1	61,4	64,6			
15	17,3	20,8	24,2	27,7	31,1	34,6	38,1	41,5	45	48,5	51,9	55,4	58,8	62,3	65,8	69,2			
16	18,5	22,1	25,8	29,5	33,2	36,9	40,6	44,3	48	51,7	55,4	59,1	62,8	66,4	70,1	73,8			
17	19,6	23,5	27,5	31,4	35,3	39,2	43,1	47,1	51	54,9	58,8	62,8	66,7	70,6	74,5	78,5			
18	20,8	24,9	29,1	33,2	37,4	41,5	45,7	49,8	54	58,1	62,3	66,4	70,6	74,7	78,9	83,1			
19	21,9	26,3	30,7	35,1	39,5	43,8	48,2	52,6	57	61,4	65,8	70,1	74,5	78,9	83,3	87,7			
20	23,1	27,7	32,3	36,9	41,5	46,1	50,8	55,4	60	64,6	69,2	73,8	78,5	83,1	87,7	92,3			
21	24,2	29,1	33,9	38,8	43,6	48,4	53,3	58,1	63	67,8	72,7	77,5	82,4	87,2	92,1	96,9			
22	25,4	30,5	35,5	40,6	45,7	50,8	55,8	60,9	66	71,1	76,1	81,2	86,3	91,4	96,5	101,5			
23	26,5	31,8	37,1	42,5	47,8	53,1	58,4	63,7	69	74,3	79,6	84,9	90,2	95,5	100,8	106,1			
24	27,7	33,2	38,8	44,3	49,8	55,4	60,9	66,4	72	77,5	83,1	88,6	94,1	99,7	105,2	110,7			
25	28,8	34,6	40,4	46,1	51,9	57,7	63,5	69,2	75	80,8	86,5	92,3	98,1	103,8	109,6	115,4			

179. Возможный урожай зерна риса в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия из почвы, %													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
3	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	
4	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6	6,0	6,4	6,7	7,1	
5	3,5	4,0	4,4	4,8	5,3	5,7	6,2	6,6	7,0	7,5	7,9	8,4	8,8	
6	4,2	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	7,9	8,4	9,0	9,5	10,1	10,6	
7	4,9	5,6	6,2	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,8	10,5	11,1	11,8	12,4	
8	5,6	6,4	7,1	7,7	8,4	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	12,7	13,4	14,1	
9	6,3	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,1	11,9	12,7	13,5	14,3	15,1	15,9	
10	7,0	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,2	14,1	15,0	15,9	16,8	17,7	
11	7,7	8,7	9,7	10,6	11,6	12,6	13,6	14,6	15,5	16,5	17,5	18,4	19,4	
12	8,5	9,5	10,6	11,6	12,7	13,8	14,8	15,9	16,9	18,0	19,1	20,1	21,2	
13	9,2	10,3	11,5	12,6	13,8	14,9	16,0	17,2	18,3	19,5	20,7	21,8	23,0	
14	9,9	11,1	12,4	13,6	14,8	16,1	17,3	18,5	19,8	21,0	22,2	23,4	24,7	
15	10,6	11,9	13,2	14,6	15,9	17,2	18,5	19,8	21,2	22,5	23,8	25,1	26,5	
16	11,3	12,7	14,1	15,6	17,0	18,3	19,7	21,1	22,6	24,0	25,4	26,8	28,3	
17	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0	25,5	27,0	28,5	30,0	
18	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,6	22,2	23,8	25,4	27,0	28,6	30,2	31,8	
19	13,4	15,1	16,8	18,5	20,1	21,8	23,4	25,1	26,8	28,5	30,2	31,9	33,6	
20	14,1	15,9	17,7	19,4	21,2	22,9	24,7	26,5	28,2	30,0	31,7	33,5	35,3	
21	14,8	16,7	18,5	20,4	22,2	24,1	25,9	27,8	29,6	31,5	33,3	35,2	37,1	
22	15,5	17,5	19,4	21,4	23,3	25,2	27,1	29,1	31,0	33,0	34,9	36,9	38,9	
23	16,2	18,3	20,3	22,3	24,3	26,4	28,4	30,5	32,5	34,5	36,5	38,5	40,6	
24	16,9	19,1	21,2	23,3	25,4	27,5	29,6	31,8	33,9	36,0	38,1	40,2	42,4	
25	17,6	19,9	22,1	24,3	26,5	28,7	30,8	33,1	35,3	37,5	39,7	41,9	44,1	
26	18,3	20,7	23,0	25,2	27,5	29,8	32,1	34,4	36,8	39,0	41,3	43,6	45,9	
27	19,1	21,4	23,8	26,2	28,6	31,0	33,3	35,7	38,1	40,5	42,9	45,3	47,6	
28	19,8	22,2	24,7	27,2	29,7	32,1	34,5	37,0	39,5	42,0	44,5	47,0	49,4	
29	20,5	23,0	25,6	28,1	30,7	33,3	35,8	38,4	41,0	43,5	46,1	48,6	51,1	
30	21,2	23,8	26,5	29,1	31,8	34,4	37,0	39,7	42,4	45,0	47,7	50,3	52,8	

и 47,2 ц/га — по калию (100—52,8), для формирования которых потребуется 112 кг/га азота (40 ц/га · 2,8 кг/ц), 58 — фосфора (44,6 ц/га · 1,3 кг/ц) и 160,5 кг/га калия (47,2 ц/га · 3,4 кг/ц) (табл. 180).

Для получения 100 ц/га зерна риса следует внести $N_{140}P_{145}K_{160}$, или 454 кг/га NPK в сумме. Окупаемость 1 кг питательных веществ туков составит 9,67 кг зерна (43,9 ц/га — средний урожай зерна по элементам питания удобрений: 454 кг/га NPK).

Норму питательного вещества на прибавку урожая можно определить по формуле

$$D_{пр} = V_{пр} : K_y \quad (54)$$

180. Расчет необходимых норм NPK на заданный урожай зерна риса (100 ц/га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Содержится в почве (П), мг/100 г	16,0	12,0	30,0
Коэффициент использования NPK из почвы (K _п)	0,35	0,20	0,20
Возможный урожай за счет питательных веществ почвы (см. табл. 177—179) (У _{эф}), ц/га	60,0	55,4	52,8
Прибавка урожая, которая должна быть получена за счет элементов питания туков (У _{пр} = У _{прог} — У _{эф}), ц/га	40,0	44,6	47,2
Возможный вынос питательных веществ прибавкой урожая (В _{пр} = У _{эф} · В ₁), кг/га	112	58	160,5
Коэффициент использования элементов питания удобрений в год внесения (K _у)	0,80	0,40	0,95
Нормы NPK на заданный урожай риса (Д _{д.в} = В _{пр} : K _у), кг/га	140	145	169

Например, при урожае 55,4 ц/га зерна риса по фосфору почвы за счет вносимого P₂O₅ туков должна быть получена прибавка урожая зерна 44,6 ц/га (100—55,4), для формирования которой требуется затратить 58 кг/га P₂O₅ (44,6 ц/га · 1,3 кг/ц). Растения риса в год внесения усваивают 40% фосфора удобрений, с учетом чего норма фосфора будет равна:

$$D = 58 \text{ кг/га} : 0,4 = 145 \text{ кг/га.}$$

Нормы питательных веществ уточняют также, используя коэффициенты эффективного плодородия почвы (K_{эф}). При агрохимических показателях и коэффициентах усвоения питательных веществ, приведенных в таблице 180, K_{эф} по азоту составит 3,75, по фосфору — 4,61 и по калию — 1,76 (табл. 181).

181. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев риса.

По азоту		По фосфору		По калию	
K _п , %	K _{эф} , ц/га	K _п , %	K _{эф} , ц/га	K _п , %	K _{эф} , ц/га
20	2,14	5	1,15	8	0,70
21	2,25	6	1,38	9	0,79
22	2,36	7	1,61	10	0,88
23	2,46	8	1,85	11	0,97
24	2,57	9	2,08	12	1,06
25	2,68	10	2,31	13	1,15
26	2,78	11	2,54	14	1,23
27	2,89	12	2,77	15	1,32
28	3,00	13	3,00	16	1,41
29	3,11	14	3,23	17	1,50
30	3,21	15	3,46	18	1,59
31	3,32	16	3,69	19	1,68
32	3,43	17	3,92	20	1,76
33	3,53	18	4,15	21	1,85
34	3,64	19	4,38	22	1,94
35	3,75	20	4,61	23	2,03
36	3,86	21	4,85	24	2,12
37	3,96	22	5,08	25	2,20
38	4,07	23	5,31	26	2,29
39	4,18	24	5,54	27	2,38
40	4,28	25	5,77	28	2,47
41	4,39	26	6,00	29	2,56
42	4,50	27	6,23	30	2,65
43	4,61	28	6,46	31	2,73
44	4,71	29	6,69	32	2,82
45	4,82	30	6,92	33	2,91

Этим коэффициентам эффективного плодородия почвы соответствуют урожай, ц/га:

по азоту $U_{эф} = 16 \text{ мг/100 г} \cdot 3,75 \text{ ц/га} = 60$;

по фосфору $U_{эф} = 12 \text{ мг/100 г} \cdot 4,61 \text{ ц/га} = 55,4$;

по калию $U_{эф} = 30 \text{ мг/100 г} \cdot 1,76 \text{ ц/га} = 52,8$.

Блок-схема алгоритма расчета потребности в удобрениях на заданный урожай риса с учетом содержания питательных веществ в почве приведена на рисунке 7; константы, используемые при расчете, — в таблице 175, исходная информация по каждому чеку — в таблице 176 (графы 3, 4). Признаком расчета по этой программе является отсутствие нулей в строке 10 и наличие их в строках 61, 66, 67. Расчет выполняют в такой последовательности. Корректируют заданный урожай путем определения доли возможных потерь за счет несовершенства почвенно-мелиоративных условий и агротехнического комплекса. Затем определяют величину расчетного урожая прибавлением доли возможных потерь к

заданному урожаю; вынос NPK расчетным урожаем; возможный вынос NPK из почвы умножением содержания доступных форм NPK в почве на коэффициент их усвоения; возможный вынос NPK из органических удобрений; вынос NPK из минеральных удобрений; норму NPK на заданный урожай; количество туков, вносимых перед посевом и в подкормки; структуру урожая и норму высева.

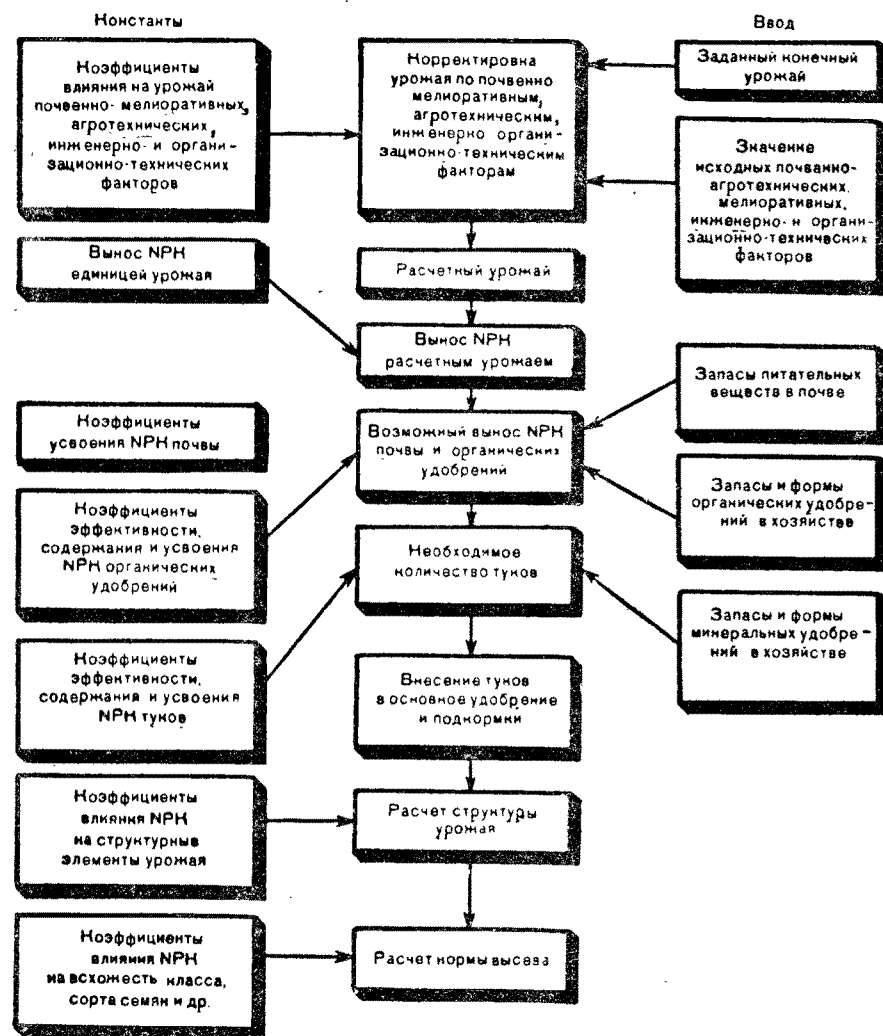


Рис. 7. Блок-схема алгоритма расчета потребности в удобрениях на заданный урожай риса с учетом обеспеченности почв NPK (по Е. П. Алешину).

В таблице 182 приведены нормы удобрений, рассчитанные на заданные урожаи риса. При этом учитывалось, что 50% урожая формируется за счет азота почвы, 55 — фосфора и 80% калия почвы; из удобрений в первый год растениями используется 85% азота, 40 — фосфора и 95% калия. Эти показатели корректируют применительно к данному типу почв. Тогда нормы удобрений будут наиболее полно отвечать местным условиям, биологическим особенностям возделываемого сорта. Так, например, программируется получить 100 ц/га зерна, 50 из которого (100 ц/га · 0,5) может формироваться за счет азота почвы и 50 (100 — 50) — за счет азота удобрений, для получения которого необходимо внести 165 кг/га азота (50 ц/га · 2,8 кг/ц : 0,85). При формировании 55 ц/га (100 ц/га · 0,55) зерна по фосфору почвы для получения прибавки 45 ц/га (100 — 55) потребуется внести 146 кг/га фосфора (45 ц/га · 1,3 : 0,4). Если 80 ц/га зерна будет формироваться по калию почвы (100 ц/га · 0,8), то получение 20 ц/га будет возможно при внесении 71 кг/га калия (20 ц/га · 3,4 кг/ц : 0,95). Система удобрения на запрограммированный урожай 100 ц/га составит $N_{165}P_{146}K_{71}$, или в сумме 382 кг/га NPK. При этом на 1 кг питательных веществ туков будет получено около 10 кг зерна (38,1 ц/га — средний урожай зерна по элементам питания удобрений: 382 кг/га NPK).

Точность определения $У_{эф}$ по питательным веществам почвы составляет основную трудность программирования норм удобрений. Однако постоянное уточнение коэффициентов использования питательных веществ почвы, удобрений и эффективного плодородия почвы, а также определение химического состава растений и выноса NPK урожаями риса обеспечивают совершенствование методов расчета норм NPK под различные урожаи этой культуры.

Всесоюзный научно-исследовательский институт риса для определения норм удобрений предлагает пользоваться формулой

$$X_{NPK} = U_{cp} \left(\frac{B_N}{K_N} + \frac{B_P}{K_P} + \frac{B_K}{K_K} \right) 100, \quad (55)$$

где U_{cp} — урожай средний за определенный период, ц/га;
 B_{NPK} — вынос питательных веществ единицей товарной и побочной продукции, кг/ц;
 K_{NPK} — коэффициент использования NPK из удобрений, %.

На рисовых полях при определении норм удобрений учитывают следующие статьи прихода. В условиях рисовых систем за период вегетации растений с орошаемой водой, корневыми и пожнивными остатками, а также за счет жизнедеятельности синезеленых водорослей поступает 4—5 т/га сухой органической массы и 100—150 кг/га азота. При ежегодном поступлении такого количества органического вещества и азота содержание гумуса в почве стабилизируется и отмечается положительный баланс пи-

182. Нормы NPK на заданный урожай риса, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га							
		50—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120	
N	III	82—99	100—115	117—132	133—148	150—165	166—181	183—198	
	IV	72—82	83—100	102—117	118—133	135—150	151—166	168—183	
	V	62—72	73—83	85—102	103—118	120—135	136—151	153—168	
	VI	52—62	63—73	75—85	86—103	105—120	121—136	138—153	
P ₂ O ₅	III	73—88	89—102	104—117	118—132	134—146	148—161	162—175	
	IV	63—73	74—89	91—104	105—118	120—134	136—148	149—162	
	V	53—63	64—74	76—91	92—105	107—120	122—136	137—149	
	VI	43—53	54—64	66—76	77—92	94—107	109—122	123—137	
K ₂ O	III	36—43	44—50	51—57	58—64	65—71	72—79	80—86	
	IV	29—36	37—44	45—51	52—58	60—65	66—72	73—80	
	V	22—29	30—37	38—45	46—52	54—60	61—66	67—73	
	VI	0—22	23—30	31—38	39—46	48—54	55—61	62—67	

тательных веществ. С учетом этого предложена следующая классификация почв по их обеспеченности азотом ($N-NO_3+N-NH_3$): первая группа с низкой обеспеченностью — 0—1 мг/100 г, вторая со средней — 1—2 и третья с высокой — более 2 мг/100 г. Картограмму по обеспеченности почв азотом составляют по результатам химического анализа почвенных образцов, взятых в фазу кущения риса (Е. И. Столыпин). В эту же фазу получают более достоверные данные по содержанию подвижного фосфора в почве, по которым предлагается следующая шкала обеспеченности почв фосфором: первая группа с низкой обеспеченностью — 0—3 мг/100 г, вторая со средней — 3—6 и третья с высокой обеспеченностью — более 6 мг/100 г.

Конечно, такие данные трудно использовать для расчета норм азота и фосфора. Здесь необходимы свои коэффициенты эффективного плодородия почвы. Точность определения норм удобрений можно достичь только по количеству зерна, получаемого на 1 кг питательных веществ туков, или их окупаемости (O_y).

Расчет ведут следующим образом. Допустим в хозяйстве на 1 кг NPK туков получают 10 кг зерна риса (O_y). Программируют получить 100 ц/га зерна этой культуры. Расчеты показывают, что за счет азота почвы формируется 50 ц/га зерна, а на 50 ц/га прибавки необходимо внести соответствующее количество удобрений. Если на каждый килограмм NPK туков получают 10 кг зерна, то для получения 50 ц/га за счет удобрений требуется всего 500 кг/га NPK (50 ц/га : 10 кг/га NPK). В этой норме необходимо определить, какое количество должно быть азота, фосфора и калия. Для этого к выносу питательных веществ 1 ц зерна необходимо ввести поправки на коэффициенты их использования растениями из удобрений в год внесения. Тогда вынос на 1 ц зерна составит: азота — 3,29 кг (2,8 кг/ц : 0,85), фосфора — 3,25 (1,3 : 0,4) и калия — 3,58 кг (3,4 кг/ц : 0,95). Их сумма составляет 10,12 кг/ц (3,29 + 3,25 + 3,58), или соотношение азота в ней равно 32,5% (3,29 кг/ц : 10,12 кг/ц · 100%), фосфора — 32,1 (3,25 : 10,12 · 100) и калия — 35,4% (3,58 кг/ц : 10,12 кг/ц · 100%), произведение которых на общую норму NPK дает количество каждого элемента питания в ней: азота должно быть 162 кг/га (32,5 · 500 кг/га NPK : 100%), фосфора — 160 (32,1 · 500 : 100) и калия — 177 кг/га (35,4% · 500 кг/га NPK : 100%).

Принять эти нормы к руководству нельзя, так как расчет ведется по $U_{эф}$ азота почвы. Фактически по фосфору $U_{эф}$ составляет 55 и по калию 80 ц/га. Поэтому находят корректирующие коэффициенты к нормам удобрений (K_k). Для азота он оказывается равным 1,0 (50 ц/га за счет удобрений : 50 — за счет почвы), фосфора — 1,22 (55 : 45) и калия — 2,5 (20 ц/га за счет удобрений : 80 ц/га за счет почвы). Фактическая скорректированная с учетом почвенного плодородия норма составит $N_{162}P_{136}K_{71}$, или в сумме 369 кг/га. Эти нормы близки к тем, которые приведены в таблице 182.

Схема расчета норм NPK на запрограммированный урожай 100 ц/га зерна риса по заданной окупаемости единицы туков приведена в таблице 183.

183. Расчет норм NPK на заданный урожай зерна риса по величине окупаемости туков

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Окупаемость 1 кг NPK вносимых туков (O _y), кг зерна		10	
Заданный уровень прибавки урожая зерна от удобрений (У _y), ц/га		50	
Необходимо внести питательных веществ для получения заданной прибавки (Д _{NPK} = У _y : O _y), кг/га		500	
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы (В ₁), кг	2,8	1,3	3,4
Коэффициент использования NPK туков в год внесения (K _y)	0,85	0,4	0,95
Вынос на 1 ц зерна с учетом использования питательных веществ (В ₁ ^к), кг	3,29	3,25	3,58
Сумма выносов питательных веществ (а _{NPK}), кг		10,12	
Соотношение между NPK в общем выносе (C ¹ _{NPK} = В ₁ ^к : а _{NPK} 100), %	32,5	32,1	35,4
Нормы NPK для получения заданной окупаемости удобрений (Д _{д.в} = C ¹ _{NPK} · Д _{NPK} : 100%), кг/га	162	160	177
Корректирующий коэффициент к нормам NPK с учетом У _{эф} (по азоту — 50, по фосфору — 55, по калию — 80 ц/га) (K _к)	1,0	1,22	2,5
Скорректированные нормы NPK (Д _{кор} = Д _{д.в} : K _к), кг/га	162	136	71

Норму удобрений по заданной окупаемости единицы туков определяют по формуле

$$Д_{д.в} = \frac{(50 \text{ ц/га} : 10 \text{ кг/га NPK}) \cdot 32,5\%}{100} = 162 \text{ кг/га азота.}$$

После завершения уборки урожая применительно к каждой норме удобрения, внесенного на данное поле, выявляют эффективность средств химизации — определяют выход товарной продукции на 1 кг NPK туков. Окупаемость удобрений (O_y) рассчитывают по формуле

$$O_y = \frac{У_{\text{прог}} - У_{\text{эф}}}{Д_{д.в}} = \frac{100 \text{ ц/га} - 50 \text{ ц/га}}{500 \text{ кг/га NPK}} = 10 \text{ кг зерна.}$$

Чем выше плодородие, тем больший урожай риса формирует-ся за счет питательных веществ почвы и значительно меньше требуется удобрений. При этом окупаемость может быть самой высокой. Поэтому все агротехнические приемы необходимо направлять на улучшение агрохимических свойств почв.

В районах рисосеяния наибольшим плодородием обладают лугово-черноземные, лугово-черноземовидные и болотно-луговые почвы. В лугово-черноземовидных почвах содержится до 400 т/га гумуса, в остальных — несколько меньше. Наиболее благоприятное для растений содержание солей в почве — 0,03—0,05%. При наличии в ней до 3 г/л солей урожай риса уменьшится на 20%, 6 л/г — на 80%. Наилучшие условия для использования питательных элементов почвы и удобрений создаются при pH 6—8. Если кислотность находится на уровне 3—6 и щелочность — 8—10, снижение урожая достигает 20%. В связи с этим рекомендованы индексы урожайности для различных типов почв: для лугово-черноземных, аллювиально-луговых и болотно-луговых — 1,19—1,25; лугово-болотных и перегнойно-глеевых — 0,98—1,07; торфяных и аллювиально-глеевых — 0,5. Эти индексы учитывают при обосновании программируемого урожая, норм NPK для формирования посевов с заданной продуктивностью и других материально-технических затрат по возделыванию риса.

После затопления чеков операции по запрограммированному управлению урожаем состоят в том, чтобы точно выдерживать расчетные параметры водного, температурного и питательного режимов. Если это невозможно, определяют такое их сочетание, при котором потери урожая сводятся к минимуму.

В хозяйствах запрограммированное управление урожаем риса осуществляют следующим образом. В условиях неавтоматизированных систем и на небольших площадях (до 100 га), расположенных в одном отделении, руководство запрограммированным управлением возлагают на специалиста отделения (агронома, гидротехника). Сведения о водном и температурном режимах чеков и каналов (для этого в них устанавливают водомерные рейки и термометры) собирают поливальщики и в конце дня передают специалисту для анализа и последующей обработки. По результатам обработки информации к утру следующего дня поливальщикам выдают в виде служебной записки (или отражают на транспарантах, установленных возле поливных карт) рекомендуемые значения параметров водного и температурного режимов, которые необходимо выдерживать.

При значительных площадях (100—1000 га и более), находящихся в нескольких отделениях, руководство запрограммированным управлением возлагается на специалиста хозяйства — агрономарисовода или гидротехника и осуществляется группой в составе двух-трех человек. Собирают и обрабатывают информацию на диспетчерском пункте (ДП) хозяйства, где организуют узел связи, в

задачи которого входят сбор информации, поступающей от поливальщика, и передача ее на ВЦ. Для оперативной передачи и получения технологической информации поливальщиков снабжают переносными радиостанциями.

Существенной особенностью программирования урожая риса является его высокая потенциальная продуктивность. Так, в идеальных условиях, которые можно создать в защитной среде, сорт риса Краснодарский 424 способен дать 320 ц/га, Кубань 3 — 240 ц/га зерна. В производственных условиях на более совершенных рисовых оросительных системах возможные урожаи составят 200 ц/га, а на существующих рисовых системах 150 ц/га. Реализация потенциальных возможностей сортов риса зависит от соответствия комплекса внешних условий: температуры, влажности воздуха, минерального питания, продолжительности вегетационного периода и других факторов. В этом заключается оптимизация всех факторов, в первую очередь минерального питания риса. При этом эффективность средств химизации возрастает в 2—2,5 раза.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Программированное возделывание риса предусматривает точное соблюдение и своевременное проведение элементов интенсивной технологии в целях оптимизации всех факторов урожая. В таблице 184 приведена технология получения 80 ц/га зерна риса при постоянном затоплении от посева до созревания.

184. Технология возделывания риса урожайностью 80 ц/га с применением метода научного программирования

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2

Предшественники Зернобобовые (соя, горох, маш, арахис), кукуруза, сорго, пшеница, ячмень, многолетние бобовые травы (клевер, люцерна)

Основная обработка почвы Лушение живья зерновых культур дисковыми лушильниками ЛДГ-10 в агрегате с трактором ДТ-75М на глубину 6—8 см. После уборки кукурузы и бобовых трав фрезирование на глубину 16—18 см фрезой ФН-1,6 в агрегате с трактором ДТ-75М

Райную зяблевую вспашку на глубину 20—25 см проводят специальными рисовыми плугами с приспособлениями для поднятия рабочих корпусов при переходе через валик между чеками. Зябь под зиму оставляют глыбистой

Продолжение

1	2
---	---

Для условий Краснодарского края подъем пласта люцерны выполняют на глубину 16—18 см, оборот пласта — на 20—22 см; на 3-й год посева риса по рису — на 25—26 см; на 4-й — 30—32 см

Солонцеватые почвы раз в 3—5 лет обрабатывают плугами с почвоуглубителями, плугами без отвалов или двухслойно на глубину 40—45 см

Основную обработку осуществляют также ротационным плугом ПР-2,7, совмещая с лушением живья или фрезированием

Предпосевная
обработка
почвы

Первую обработку проводят при физической спелости почвы в начале апреля на глубину 10—12 см культиваторами с одновременным боронованием

Внесение расчетных норм азота (88 кг/га — $\frac{2}{3}$ от общей), фосфора (117 кг/га) туковой сеялкой РУМ-8 или 1-РМГ-4 в агрегате с трактором МТЗ-80 или МТЗ-82. Сразу же после использования удобрений необходима вторая обработка плугами на глубину 14—16 см для заделывания удобрения и уничтожения сорняков. Промежуток между первой и второй обработками не превышает 10—12 дней. Третью обработку на 14—16 см проводят плугами без отвалов или чизелем на чистых от сорняков полях; при засорении клубникамышом — плугами с отвалами. Срок проведения третьей обработки почвы — за 2—3 дня до посева

Выравнивание поверхности почвы волокушами или планировщиком. Отклонение от средней плоскости не должно превышать ± 3 см. Идеальное выравнивание поверхности обеспечивают при автоматическом регулировании планировщика устройством лазерного облучения

Подготовка семян и посев

Семена погружают в 30%-ный раствор сульфата аммония и перемешивают, чтобы удалить пустые и щуплые семена риса и семена проса. Перед посевом семена подвергают воздушно-тепловому обогреву и замачивают в течение 1,5—2 суток в теплой воде при температуре 20—25 °С. Затем их подсушивают и используют на посев

Семена высевают при достижении температуры почвы на глубине 10 см 12—13 °С. В рисосеющих районах такая температура устанавливается в конце апреля — начале мая, в Краснодарском крае — 25 апреля — 5 мая, на Дальнем Востоке — 10—25 мая. Глубина посева — 1—2 см. Ее регулируют ребрами, установленными на дисках сошников

Норма посева — 4,85 млн. семян/га

Продолжение

1	2
Режим орошения	Для оптимизации водного режима почвы на период появления всходов чеки затопляют водой сразу после посева слоем 10—15 см. Через 4—6 дней, как только семена набухнут и наклонятся, воду с поля сбрасывают. С появлением полных всходов чеки снова затопляют слоем воды 10—12 см. При отсутствии сорняков такой слой воды поддерживают до начала кушения. При засорении посевов просянками слой воды постепенно увеличивают до 25 см и поддерживают в течение 5—7 дней. Перед началом кушения слой воды уменьшают до 5 см, после окончания фазы кушения слой воды опять увеличивают до 10—15 см и поддерживают его до конца молочной спелости. В период выхода в трубку, выметывания метелок, цветения и налива зерна оптимальный слой воды (10—15 см) обеспечивает формирование посевов заданной продуктивности при условии внесения $\frac{1}{2}$ расчетной нормы азота (44 кг/га) и всей нормы калия (51—57 кг/га) в подкормку: азот в фазу 5 листьев, калий — 7—8 листьев Оросительная норма риса на тяжелых по механическому составу почвах составляет 10—12 тыс. м³/га, на легких — 18—15 тыс. м³/га. Суммарное водопотребление достигает 8—12 тыс. м³/га, остальная часть воды сбрасывается и фильтруется в глубь почвы
Уход за посевами	Уход за посевами включает приемы борьбы с сорной растительностью, вредителями и болезнями риса (табл. 185)
Уборка	Убирают рис раздельным способом: на товарных посевах — с наступлением полной спелости колосков средней части метелки главного стебля, а на семенных участках — в начале полной спелости основной массы метелок. До уборки риса чеки освобождают от воды и подсушивают, затем рис скашивают в углах чеков и делают обкос вдоль валиков. Скашивают рис навесной рисовой жаткой ЖНУ-4,0, через 3—5 дней после подсушивания подбирают и обмолачивают валки двухбарабанными комбайнами СКД-5Р «Сибиряк» и СКПР-6. Если зерно плохо вымолачивается, то обмолот валков повторяют через 1—2 дня При деформации семенных участков уборку проводят в фазу полной спелости прямым комбайнированием Семена риса при повышенной влажности (выше 15%) быстро теряют всхожесть. Поэтому их быстро подсушивают на зерносушилках. Семейное зерно хранят слоем не выше 1,5 м

185. Интегрированная система защиты риса от вредителей, болезней и сорняков

Фаза развития	Комплекс мероприятий
1	2
Ранневесенний период	Очистка верхнего слоя почвы от жизнеспособных зачатков многолетних сорняков путем вычесывания корневищ и клубней тяжелыми бородами «Зигзаг» в агрегате с трактором ДТ-75М
Предпосевной период	Против пирикулярноза, фузариоза, альтернариоза, бактериозов увлажненное протравливание семян гранозаном — 2 кг/т (10 л воды) с красителем Обработка злаковых сорняков 60%-ным почвенным гербицидом ялан — 6—10 л/га с заделкой в почву зубowymi бородами на глубину 3—5 см. Расход рабочей жидкости — 400—600 л/га Опрыскивание валиков, дамб и откосов каналов далапом — 20 кг/га при засорении участков ирригационной сети тростником, рогозом в фазу 3—5 листьев. Расход рабочей жидкости — 800—1000 л/га
Всходы	Борьба со злаковыми сорняками, особенно на участках, где противозлаковые гербициды не вносились. После спуска воды с чеков посевы риса в фазу 1—4 листьев опрыскивают с помощью авиации пропанидом. Норма расхода препарата зависит от возраста сорняков: в фазу 1—3 листьев — 16,7—23 кг/га, 4—5 листьев и более — 26,6—30 кг/га. Расход рабочей жидкости — 100 л/га. Через 48 ч после обработки чек затопляют водой слоем 10—12 см. Для предотвращения массового размножения вредителей риса (личинки рисового комарика, рисового ручейника, рачков и др.), а также водорослей сбрасывают воду на 2—3 суток, особенно с чеков с плохой планировкой поверхности почвы
Кушение	Для борьбы с рисовым комариком, ячменным минером при массовом их размножении понижают уровень воды в чеках, чтобы листья риса после всходов оторвались от поверхности почвы Опрыскивание с помощью авиации посевов риса для уничтожения болотных сорняков 40%-ной аминной солью 2,4-Д — 3,7—4,5 кг/га при слое воды до 10 см, 45%-ным базаграном — 2—4 кг/га, 40%-ным 2М-4Х (дикотекс) — 2,5—4 кг/га или 80%-ным 2М-4Х — 1,25—2 кг/га. Расход рабочей жидкости — 50—100 л/га
Вегетация	Обкашивание чековых валиков, оросительных, сбросных и дренажных каналов для лишения вредных организмов дополнительной кормовой базы, мест резервации, а также предотвращение обсеменения сорняков и засорения полей, увеличение пропускной способности каналов

Продолжение

1	2
	Против тли, ячменного минера, рисового минера, прибрежной мушки, трипсов, цикад, пьяниц, рисовой листовертки, стеблевого мотылька, просяной мушки при высокой их численности авиаобработки посевов 80%-ным хлорофосом или 40%-ным метафосом — 1—1,5 кг/га, 25%-ным амбушем — 0,3—0,5 л/га, 50%-ным метатионом — 0,7—1 л/га. Расход рабочей жидкости — 100 л/га. Условие: обработка проводится один раз, но не позднее чем за 15 дней до уборки урожая
Перед выметыванием метелки (по «флагу»)	Против пирикулярноза (предупреждение и подавление эпифитотии) авиаопрыскивание посевов 80%-ным цинебом или 50%-ным ридидом-П — 1—2 л/га. Расход рабочей жидкости — 200 л/га
После цветения	То же (вторая обработка) То же, через 10 дней после второй обработки

Рис также возделывают в условиях укороченного и прерывистого затопления. Постоянный слой воды при укороченном затоплении создают после всходов или перед кущением в соответствии с физиологией водного питания растений.

При прерывистом затоплении слой воды периодически сбрасывают в течение всей вегетации растений. Например, затопляют чеки на 5—10 дней и затем сбрасывают воду на 5—7 дней. Однако в фазу цветения воду не сбрасывают. Прерывистое затопление в основном применяют на почвах с фильтрацией воды 2—3 см ежедневно. При этом достигается экономия воды на 25—30%.

В практике рисосеяния применяют ранние сроки посева семян. Семена высевают при устойчивом повышении температуры почвы до 10—12°C в слое 10 см на глубину 5—6 см. Срок посева наступает на 10—15 дней раньше.

Преимущества такого посева: получение более густых и дружных всходов; уменьшение опасности полегания риса; созревание на 10—18 дней раньше; уменьшение оросительной нормы на 4—7 тыс. м³/га; увеличение урожайности на 8—10%; низкая себестоимость зерна.

Эффективное использование водных, пищевых и энергетических ресурсов, орошение подогретой водой возможно при оперативном учете, непрерывном контроле и автоматическом регулировании элементов водного, питательного, температурного режимов, программном выборе оптимальных сочетаний их параметров и увязке с другими элементами интенсивной технологии возделывания. В этом случае можно довести средние урожаи зерна риса до 140—160 ц/га.

ПРОСО

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Просо — высокоурожайная, засухоустойчивая культура. Оно имеет короткий период вегетации и по своим биологическим особенностям относится к поздним яровым культурам. Это свойство используют для получения 2—3 урожаев в год в южных районах, 1,5—2 урожаев — в более северных, а также для посева в качестве «страховой» культуры при пересеве озимых и ранних яровых зерновых культур.

В биомассе проса на 1 часть зерна в среднем приходится 2 части высокопитательной соломы и половы с содержанием 0,41 кормовой единицы в 1 кг. К_м при определении сухого зерна составляет 0,333 (1 часть зерна : 3 части зерна и соломы), при стандартной 14%-ной влажности — 0,387 (0,333 : 0,86). По обобщенным данным, калорийность 1 кг биомассы целого растения равна 4600 ккал, зерна — 4700, соломы и половы — 4500 и корневой системы — 4220 ккал.

По скороспелости сорта проса делятся на четыре группы: скороспелые — с периодом вегетации 55—70 дней, среднеранние — 70—80, среднеспелые — 80—100, среднепоздние — 100—115 дней, что и определяет их продуктивность. За период вегетации скороспелого сорта приход ФАР составляет 15—18 ккал/см², среднераннего — 18—21, среднеспелого — 21—26 и среднепозднего — 26—30 ккал/см². Конкретно для условий хозяйства эти показатели можно уточнять по агроклиматическому справочнику области.

Различным коэффициентам использования ФАР соответствуют определенные уровни урожайности (табл. 186).

186. Урожайность проса при различном использовании солнечной энергии, ц/га

Приход ФАР, ккал/см²	Коэффициент использования ФАР, %						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
15	12,3	18,5	24,7	30,9	37,0	43,2	49,4
16	13,2	19,7	26,3	32,9	39,5	46,1	52,7
17	14,0	21,0	28,0	35,0	42,0	49,0	56,0
18	14,8	22,2	29,6	37,0	44,5	51,9	59,3
19	15,6	23,5	31,3	39,1	46,9	54,7	62,6
20	16,5	24,7	32,9	41,2	49,4	57,6	65,9
21	17,3	25,9	34,6	43,2	51,9	60,5	69,2
22	18,1	27,2	36,2	45,3	54,3	63,4	72,4
23	18,9	28,4	37,9	47,3	56,8	66,3	75,7
24	19,8	29,6	39,5	49,4	59,3	69,2	79,0
25	20,6	30,9	41,2	51,5	61,7	72,0	82,3
26	21,4	32,1	42,8	53,5	64,2	74,9	85,6
27	22,2	33,3	44,5	55,6	66,7	77,8	88,9
28	23,0	34,6	46,1	57,6	69,2	80,7	92,2
29	23,9	35,8	47,7	59,7	71,6	83,6	95,5
30	24,7	37,0	49,4	61,7	74,1	86,4	98,8

Расчеты показывают, что в зависимости от КПД ФАР урожайность скороспелых сортов колеблется от 12,3 до 59,3 ц/га, среднеранних — от 14,8 до 69,2, среднеспелых — от 17,3 до 85,6 и среднепоздних — от 21,4 до 98,8 ц/га зерна.

Например, в Саратовской области за период вегетации среднепоздних сортов проса на каждый гектар приходится 28,3 ккал/см² ФАР (май — 7,4, июнь — 8,4, июль — 8,1 и за две декады августа — 4,4 ккал/см²). Если из этого количества используется только 2% ФАР, то возможный урожай зерна проса составит 46,6 ц/га:

$$U_{\text{пу}} = 10^4 \cdot 2\% \cdot 0,387 \frac{28,3 \text{ ккал/см}^2}{4700 \text{ ккал/кг}} = 46,6 \text{ ц/га зерна.}$$

А теперь рассмотрим, какой коэффициент использования ФАР был достигнут при урожае зерна 201 ц/га. Приход суммарной ФАР, по результатам определений Западно-Казахстанской актинометрической станции за период вегетации среднепоздних сортов проса составляет 30,5 ккал/см² (май — 8,2, июнь — 8,7, июль — 8,6 и за две декады августа — 5 ккал/см²). Урожаю 201 ц/га зерна при соотношении зерна и соломы, равном 1:2, или 3 части, соответствует получение 603 ц/га (201 ц/га · 3 части) биомассы 14%-ной влажности. По формуле рассчитывают КПД ФАР:

$$\eta = \frac{201 \text{ ц/га} \cdot 4700 \text{ ккал/кг}}{10^4 \cdot 0,387 \cdot 30,5 \text{ ккал/см}^2} = 8\% \text{ ФАР.}$$

Такое количество солнечной энергии было аккумулировано при оптимизации всех факторов, влияющих на урожай: при высокой культуре земледелия, орошении, внесении высоких норм удобрений, оптимальной густоте стояния растений, своевременном проведении агромероприятий по уходу за посевами и уборке.

В производственных посевах потенциальная продуктивность проса не реализуется только потому, что оно возделывается без орошения и, как правило, является второстепенной культурой. Несмотря на то, что просо хорошо переносит засуху в начале вегетации — от всходов до выхода в трубку — растения интенсивно растут и развиваются за межфазный период выход в трубку — конец выметывания лишь при оптимальной влажности почвы 70—80% НВ. В этот период весьма эффективны осадки или поливы. Орошение увеличивает урожай проса в 5—6 раз.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Урожай проса в зоне его возделывания в значительной степени зависит от влагообеспеченности посевов. Здесь количество продуктивной влаги колеблется от 120 до 280 мм. Коэффициент водопотребления проса — в 1,5—2 раза ниже, чем у зерновых колосовых культур, и в среднем составляет 180—280.

В таблице 187 приведены возможные урожай зерна проса, рассчитанные по наличию продуктивной для растений влаги при различных коэффициентах водопотребления.

Отсюда следует, что получение высоких урожаев проса возможно только при применении комплекса агротехнических мероприятий, обеспечивающих максимальное накопление влаги и экономное ее расходование (это снегозадержание, задержание талых вод и ливневых осадков, уничтожение сорняков, увеличение органического вещества в почве и мульчирование ее поверхности).

187. Возможный урожай зерна проса в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K _w	Количество продуктивной влаги, мм						
	120	160	200	240	260	280	300
180	25,8	34,4	43,0	51,6	55,9	60,2	64,5
190	24,4	32,6	40,7	48,9	52,9	57,0	61,1
200	23,2	31,0	38,7	46,4	50,3	54,2	58,0
210	22,1	29,5	36,8	44,2	47,9	51,6	55,3
220	21,1	28,1	35,2	42,2	45,7	49,2	52,8
230	20,2	26,9	33,6	40,4	43,7	47,1	50,5
240	19,3	25,8	32,2	38,7	41,9	45,1	48,4
250	18,6	24,8	31,0	37,1	40,2	43,3	46,4
260	17,9	23,8	29,3	35,7	38,7	41,7	44,6
270	17,2	22,9	28,7	34,4	37,3	40,1	43,0
280	16,6	22,1	27,6	33,2	35,9	38,7	41,5

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

При наличии прогноза погоды на период вегетации культуры важно правильно сформировать густоту стояния растений, регулируя нормы высева семян. При незначительном выпадении осадков норма высева должна быть низкой, при достаточной влагообеспеченности — рассчитана на урожай, который возможен по этому лимитирующему фактору. Игнорирование закона минимума приводит к получению отрицательного эффекта от вкладываемых средств, а качество программирования оказывается неудовлетворительным. Семена проса начинают прорастать при температуре 6—8°C, и для этого процесса требуется всего 25% влаги от их массы. Однако наличие только одного зародышевого корешка при недостаточном количестве влаги лимитирует фотосинтез листьев, задерживает образование узловых корней, замедляет кущение, способствует засорению, значительно снижает урожай. Здесь очень важно заблаговременное обоснование фитометрических показателей посева с учетом величины программируемой урожайности. В таблице 188 приведена модель структуры посева, которая может быть сформирована при нормах высева проса от 1,23 до 1,56 млн. семян/га.

188. Фитометрические показатели посевов проса различной продуктивности и нормы высева на заданный урожай

Показатель	Программируемый урожай, ц/га						
	20	25	30	35	40	45	50
Площадь листьев, тыс. м ² /га:							
средняя	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
максимальная	18,3	22,9	27,4	32,0	36,6	41,2	45,7
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га·дн.	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
Количество зерен в метелке	600	650	700	750	800	850	900
Масса зерна с растения, г	2,7	2,99	3,29	3,6	3,92	4,25	4,59
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	74,1	83,6	91,2	97,2	100	105,9	108,9
Общая выживаемость (В _{общ}), %	60	62	64	66	67	68	70
Норма высева, млн. семян/га	1,23	1,35	1,42	1,47	1,52	1,56	1,56

Безусловно для каждого сорта проса необходимо рассчитать норму высева с учетом программируемой урожайности и составить график накопления биологической массы по фазам роста и развития растений, динамики формирования площади листьев. Такой подход к теоретическому обоснованию нормы высева позволит уточнить ранее рекомендованные нормы высева: для засушливых районов при ширококормном способе посева — 1,5—2 млн. семян/га, при сплошном рядовом — 2—3 млн., в лесостепных районах — соответственно 2—3 и 3—4 млн. и в районах достаточного увлажнения — 3—4 и 4—5 млн. семян/га. Программирование нормы высева обеспечит значительную экономию посевного материала, почвенной влаги, питательных веществ почвы и удобрений, трудовых ресурсов по уходу за посевами.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Минеральное питание проса зависит от биологических особенностей культуры. В начале вегетации (до фазы кушения) растения потребляют до 10% питательных веществ, от кушения до налива зерна, т. е. в течение 45—55 дней, — 80—90%. Максимальное потребление азота и калия отмечается в фазу выметывания ме-

телки, фосфора — восковой спелости. Контроль за ходом потребления питательных веществ и своевременное их внесение обеспечивает получение высокого урожая с хорошим качеством зерна.

В зерне проса содержится 1,85% азота, 0,70 — фосфора и 1,02% калия. С урожаем зерна 30 ц/га из почвы отчуждается 55,5 кг/га азота (30 ц/га · 1,85 кг/ц), 21 — фосфора (30 · 0,7) и 30,6 кг/га калия (30 ц/га · 1,02 кг/ц).

В соломе и полове содержится 0,8% азота, 0,25 — фосфора и 0,92% калия. При соотношении зерна и соломы 1:2 с 60 ц/га соломы и половы выносятся азота 48 кг/га (60 ц/га · 0,8 кг/ц), 15 — фосфора (60 · 0,25) и 55,2 кг/га калия (60 ц/га · 0,92 кг/ц). Общий вынос составляет сумму выносов: азота — 103,5 кг/га (55,5 + 48), фосфора — 36 (21 + 15) и калия — 85,8 кг/га (30,6 + 55,2). На 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы выносятся азота 3,45 кг (103,5 кг/га N:30 ц/га зерна), фосфора — 1,2 (36:30) и калия 2,86 кг (85,8 кг/га K₂O:30 ц/га). Благоприятное соотношение в выносе окажется следующим — N:P₂O₅:K₂O = 1:0,35:0,83 (табл. 189).

189. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае проса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
------------	---	-------------------------------	------------------	-------

Содержание NPK, %:

в зерне	1,85	0,70	1,02	3,57
в соломе	0,80	0,25	0,92	1,97

Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы, кг

3,45	1,20	2,86	7,51
------	------	------	------

Соотношение NPK в урожае:

в долях единицы:

азот	принят за 1	1	0,35	0,83	2,18
фосфор	» » 1	2,87	1,00	2,38	6,25
калий	» » 1	1,45	0,42	1,00	2,87
в процентах		45,9	16,0	38,1	100

Вынос питательных веществ на 1 ц зерна используют для расчета норм удобрений на запрограммированный урожай проса. При наличии 160 мм продуктивной влаги и K_w=200 возможный урожай зерна составляет 31 ц/га. С этим урожаем будет вынесено 107 кг/га азота (31 ц/га · 3,45 кг/ц), 37,2 — фосфора (31 · 1,2) и 88,7 кг/га калия (31 ц/га · 2,86 кг/ц). Часть питательных веществ будет использована из почвы, а недостающее количество вносят с минеральными удобрениями. Схема расчета приведена в таблице 190.

190. Расчет норм питательных веществ для получения 31 ц/га зерна проса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Программируемый урожай (У _{прог}), 31 ц/га зерна			
Вынос питательных веществ на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством солом (В _л), кг	3,45	1,20	2,86
Общий вынос с программируемым урожаем (В _{общ} =У _{прог} В _л), кг/га	107	37,2	88,7
Содержится в почве (П), мг/100 г	10,2	5,4	25,4
Коэффициент перевода содержания фосфора из метода Мачингга к методу Кирсанова (К _с)	—	2,34	—
Наличие в почве доступных питательных веществ (ПК _м —для азота и калия; ПК _с К _м —для фосфора; К _м =34 кг/га для слоя 0—25 см), кг/га	347	428	864
Коэффициент использования питательных веществ почвы (К _п)	0,25	0,07	0,10
Возможный вынос питательных веществ из почвы (В _п =ПК _м К _п —для азота и калия; В _п =ПК _с К _м К _п —для фосфора), кг/га	87	30	86,4
Потребуется внести с минеральными удобрениями (В _у =В _{общ} —В _п), кг/га	20	7,2	2,3
Коэффициент использования питательных веществ удобрений в год внесения (К _у)	0,65	0,35	0,75
Нормы питательных веществ (Д _{д.в} =В _у :К _у), кг/га	31	21	3

Следовательно, для получения 31 ц/га зерна проса необходимо внести N₃₁P₂₁K₃, или в сумме 55 кг/га NPK. Ход изложения методики расчета норм NPK может быть заменен формулой (51), пользуясь которой рассчитывают, например, норму фосфора:

$$Д_{д.в} = \frac{(31 \text{ ц/га} \cdot 1,2 \text{ кг/ц}) - (5,4 \text{ мг/100 г} \cdot 2,34 \cdot 34 \text{ кг/га} \cdot 0,07)}{0,35} = 21 \text{ кг/га P}_2\text{O}_5.$$

Если азот и калий в черноземах, каштановых и сероземных почвах определены методами, которые классифицируются по группам обеспеченности более низкими показателями, то их также необходимо перевести на большие показатели, используя коэффициенты соответствия (К_с). Только в этом случае эффективность удобрений окажется высокой.

Почвы зоны возделывания проса имеют высокое содержание питательных веществ и нет необходимости во внесении высоких норм NPK. Здесь также важно определить, какое количество урожая формируется по эффективному плодородию почвы. Так, в схеме расчета, приведенной в таблице 190, возможный вынос азота из почвы с учетом его использования составлял 87 кг/га, что достаточно для получения 25,2 ц/га зерна (87 кг/га N: 3,45 кг/ц), фосфора 30 кг/га—25 (30:1,2) и калия 86,4 кг/га—30,2 ц/га (86,4 кг/га K₂O: 2,86 кг/ц), т. е., исключая У_{эф} по калию, требуется определить нормы N и P₂O₅ на прибавку 6 ц/га зерна (31—25)). При внесении 55 кг/га NPK окупаемость 1 кг NPK туков составляет 10,9 кг зерна (6 ц/га: 55 кг/га NPK). Нормы NPK под заданный урожай проса приведены в таблице 191.

191. Нормы NPK на заданный урожай проса, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай зерна, ц/га					
		25—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55
N	III	30—40	42—50	52—60	62—70	72—80	82—90
	IV	20—30	32—42	44—52	54—62	64—72	74—82
	V	10—20	22—32	34—44	46—54	56—64	66—74
	VI	0—10	12—22	24—34	36—46	48—56	58—66
P ₂ O ₅	III	20—30	32—40	42—50	52—60	62—70	72—80
	IV	10—20	22—32	34—42	44—52	54—62	64—72
	V	0—10	12—22	24—34	36—44	46—54	56—64
	VI	—	0—12	14—24	26—36	38—46	48—56
K ₂ O	III	0—13	15—20	22—27	29—34	36—41	42—47
	IV	—	10—15	17—22	24—29	31—36	38—42
	V	—	0—10	12—17	19—24	26—31	33—38
	VI	—	—	0—12	14—19	21—26	28—33

При возделывании проса в северных районах нормы NPK необходимо увеличить на 10—15%, при размещении его по хорошо удобренным предшественникам — снизить на 10—15%.

При отсутствии вымывания удобрений в грунтовые воды или ниже корнеобитаемого слоя NPK в рассчитанных под соответствующий уровень урожайности нормах вносят под зяблевую вспашку на глубину 20—30 см. Тогда питательные вещества будут хорошо использоваться растениями в межфазный период кушения — выметывания метелки, т. е. в период интенсивного их потребления. Внесение удобрений весной под культивацию неэффективно, так как питательные вещества оказываются в верхнем слое, который часто пересыхает при отсутствии осадков. Хорошие результаты дает локальное внесение удобрений зерновыми сеялками на глубину 12—15 см поперек посева, хотя в засушливые годы этот

способ также не обеспечивает ожидаемого эффекта. На орошении удобрения лучше вносить локально перед посевом. В этом случае исключается вымывание питательных веществ, особенно азота, поливными водами.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Производственные опыты показывают, что запрограммированные урожаи проса обеспечиваются при внедрении интенсивной технологии возделывания. В таблице 192 приведен агрокомплекс мероприятий, обеспечивающий получение 40—50 ц/га зерна проса.

192. Технология возделывания проса урожайностью 40—50 ц/га зерна

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Горох, кормовые бобы, чечевица, чина, свекла, картофель, кукуруза, озимые культуры
Основная обработка почвы	После уборки предшественника лущение жнивья на глубину 5—7 см лущильником ЛДГ-10 в агрегате с трактором ДТ-75М. При сильном засорении корнеотпрысковыми сорняками лущение проводят отвальными лущильниками ППЛ-10-25 на глубину 15—18 см После пропашных культур — дискование на глубину 8—12 см тяжелыми дисками БДТ-7 или БД-10 По мере появления сорняков вспашка зяби плугами ПЛН-5-35 или ПЛН-6-35 с одновременным внесением расчетных норм удобрений при отсутствии вымывания питательных веществ (азота 54—64, фосфора — 52—62 и калия — 19—26 кг/га), равномерно распределяя их по горизонту почвы 25—27 см. Лучше — ранняя зябь, не позднее сентября При наличии всходов сорняков культивация зяби по диагонали пахоты культиватором КПС-4 в агрегате с трактором ДТ-75М на глубину 10—12 см с одновременным боронованием БЗСС-1,0 Снегозадержание с помощью СВУ-2,6-1 в агрегате с тракторами К-701, Т-150 или ДТ-75М. Снежные валы формируют 2—3 раза на расстоянии 8—10 м
Предпосевная обработка почвы	При физической спелости почвы ранневесеннее боронование почвы боронами БЗСС-1,0 в агрегате с трактором ДТ-75М в два следа поперек или по диагонали вспашки. По мере появления сорняков культивация на глубину 8—10 см культиватором КПС-4 с одновременным боронованием средними боронами Предпосевную культивацию проводят на глубину 4—5 см культиватором КПС-4 с одновременным прикатыванием ЗККШ-6 при прогревании почвы до температуры 6—8 °С

1	2
Подготовка семян к посеву	Протравливание семян против возбудителей головневых заболеваний и корневых гнилей (см. табл. 68)
Посев	На окультуренных почвах лучшие результаты обеспечивают рядовой посев нормой высева, рассчитанной для получения 40—50 ц/га зерна (1,52—1,56 млн. семян/га). Глубина посева во влажную почву — 2—3, в сухую — до 7 см На почвах, засоренных сорняками, лучшие результаты обеспечивает широкорядный посев с шириной междурядий 45 см нормой высева на 10—15% ниже, чем при рядовом способе посева. Посев проводят с одновременным прикатыванием
Уход за посевами	При выпадении осадков и наличии почвенной корки обрабатывают посевы вращающейся мотыгой или средними боронами «Зингзаг» По мере появления всходов при рядовом способе посева целесообразна обработка гербицидами 2,4-Д или 2М-4Х, при широкорядном посеве ее заменяют культивацией междурядий: первая на глубину 4—5 см сразу после обозначения рядков, вторая — в фазу кушения на глубину 6—8 см, третья — через 15—20 дней после второй на глубину 8—10 см В засушливые годы положительные результаты обеспечивает боронование проса по всходам поперек рядков, но при условии укоренившихся растений, а на орошаемых землях — поливы, обеспечивающие поддержание предполивной влажности не ниже 70% НВ Дополнительное искусственное опыление в период массового цветения, лучше по утренней росе Комплекс мероприятий по защите растений от вредителей, болезней и сорняков идентичен с интегрированной системой защиты зерновых (см. табл. 27, 68)
Уборка	Неравномерность созревания семян осложняет прямое комбайнирование. Поэтому уборку проводят двухфазным способом: сначала скашивают в валки, а затем подбирают и обмолачивают. Последнюю операцию проводят дважды: первый подбор через 3—4 дня после скашивания, второй — через 1—2 дня после первого

ГРЕЧИХА

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Гречиха — ценная крупяная культура. Крупа содержит 13—15% белка, 70—71 — крахмала, 2—2,5 — сахарозы, 2,5—3 — жира, 1,1—1,3 — клетчатки и 2—2,2% зольных элементов, что и определяет высокую теплотворную способность биомассы. При сжигании 1 кг сухой биомассы растений выделяется 4540 ккал тепла, 1 кг зерна — 4620, 1 кг листостебельной массы — 4400 и 1 кг корневой системы — 4180 ккал.

Районированные сорта гречихи по скороспелости условно подразделяют на четыре группы: скороспелые с периодом вегетации 65—75 дней, среднеспелые — 75—85, среднепоздние — 85—95 и позднеспелые — 95—105 дней. За период посев — уборка на каждый гектар приходится у скороспелых сортов — 16—18,5 ккал/см², среднеспелых — 18,5—21, среднепоздних — 21—23,5 и позднеспелых — 23,5—26 ккал/см² ФАР. Это и определяет величину урожая гречихи (табл. 193).

193. Урожай гречихи в зависимости от прихода ФАР и ее использования посевами, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %						
	-1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
16	13,4	20,1	26,8	33,5	40,2	46,9	53,6
17	14,2	21,4	28,5	35,6	42,7	49,8	57,0
18	15,1	22,6	30,2	37,7	45,2	52,8	60,3
19	15,9	23,9	31,8	39,8	47,7	55,7	63,7
20	16,7	25,1	33,5	41,9	50,2	58,6	67,0
21	17,6	26,4	35,2	44,0	52,8	61,6	70,4
22	18,4	27,6	36,8	46,1	55,3	64,5	73,7
23	19,3	28,9	38,5	48,2	57,8	67,4	77,1
24	20,1	30,1	40,2	50,2	60,3	70,3	80,4
25	20,9	31,4	41,9	52,3	62,8	73,3	83,8
26	21,8	32,7	43,5	54,4	65,3	76,2	87,1

Отсюда следует, что по приходу ФАР и КПД ее использования урожайность скороспелых сортов составляет 13,4—62, среднеспелых — 15,5—70,4, среднепоздних — 17,6—78,7 и позднеспелых — 19,7—87,1 ц/га зерна.

Получение теоретически обоснованных урожаев гречихи возможно только при хорошем опылении растений пчелами или механическим путем. Для повышения завязываемости плодов на 1 га посева размещают три пчелосемьи, а механическое опыление (с помощью веревки) проводят в утренние часы, так как в пределах одного соцветия цветение начинается в 6—7 ч утра и в 13—14 ч

прекращается. Кроме того, период вегетации гречихи следует выбрать так, чтобы цветение ее проходило при среднесуточной температуре воздуха за декаду 17—20°C. Обильное выделение нектара цветками и количество пчел, посещающих растения, увеличивается при дневной температуре 16—25°C. За пределами этих показателей опыляемость цветков резко падает из-за прекращения лёта насекомых.

Растения гречихи хорошо развиваются при оптимальной температуре воздуха ниже 13°C, выше 25°C — слабо, особенно в период цветения. При недостатке влаги, относительной влажности воздуха ниже 50% критическая температура воздуха для гречихи — 30°C. Чтобы снять отрицательное действие засухи, необходимо проводить орошение.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

По сравнению с другими зерновыми культурами гречиха — более влаголюбивая культура. Требовательность ее к влаге вызвана отсутствием опушенности листьев, воскового налета на стеблях и наличием большого количества устьиц с верхней и нижней стороны листа.

В зависимости от длины вегетационного периода, условий увлажнения и урожайности сортов коэффициент водопотребления гречихи составляет 300—600. В районах ее возделывания накапливается от 180 до 360 мм продуктивной для растений влаги. В связи с этим урожайность гречихи значительно колеблется.

При $K_m = 0,387$ (соотношение зерна к соломе 1:2) урожайность ее в зависимости от влагообеспеченности посевов составляет от 11,6 до 46,4 ц/га зерна (табл. 194). Расчеты показывают, что современные урожаи в условиях производства (11,6—27,9 ц/га)

194. Возможный урожай гречихи в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

W, мм	Коэффициент водопотребления (K_w)						
	300	350	400	450	500	550	600
180	23,2	19,9	17,4	15,5	13,9	12,7	11,6
200	25,8	22,1	19,3	17,2	15,5	14,1	12,9
220	28,4	24,3	21,3	18,9	17,0	15,5	14,2
240	31,0	26,5	23,2	20,6	18,6	16,9	15,5
260	33,5	28,7	25,1	22,4	20,1	18,3	16,8
280	36,1	31,0	27,1	24,1	21,7	19,7	18,1
300	38,7	33,2	29,0	25,8	23,2	21,1	19,3
320	41,3	35,4	31,0	27,5	24,8	22,5	20,6
340	43,9	37,6	32,9	29,2	26,3	23,9	21,9
360	46,4	39,8	34,8	31,0	27,9	25,3	23,2

формируются при коэффициенте водопотребления 500—600. Поэтому необходимо разрабатывать технологии возделывания гречихи с учетом ее биологических особенностей, которые будут обеспечивать высокие урожаи с низкими коэффициентами затрат воды на единицу продукции.

При достоверных прогнозах количества выпадаемых осадков представляется возможным регулировать формирование урожая, величина которого особенно зависит от осадков в июле и августе. Оптимальная влажность почвы, которая обеспечивает высокий урожай, — 60—80% НВ. При этом растения реагируют на весь агрокомплекс работ по возделыванию культуры.

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

С учетом величины программируемых урожаев разрабатывают нормы высева, густоту и фитометрические показатели посева.

Например, для получения 30 ц/га зерна на 1 м² к уборке необходимо сохранить 130 растений с выходом зерна с каждого из них по 2,31 г (130 растений/м² · 2,31 г · 10 тыс. м² = 30 ц/га). Если общая выживаемость семян и растений к уборке составляет 87% (0,87), то норма высева окажется равной 1,49 млн. семян/га (130 растений/м² : 0,87 · 10 тыс. м²). Модель посева гречихи различной продуктивности приведена в таблице 195.

195. Фитометрические показатели посевов гречихи различной продуктивности и нормы высева на заданный урожай

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га						
	15	20	25	30	35	40	45
Площадь листьев, тыс. м ² /га:							
средняя	11,2	13,4	15,6	17,8	20,0	22,2	24,4
максимальная	18,5	22,1	25,7	29,4	33,0	36,6	40,3
Фотосинтетический потенциал посева, тыс. м ² /га · дн.	840	1005	1326	1513	2100	2331	2562
Выход зерна с растений, г	1,50	1,82	2,08	2,31	2,50	2,67	2,81
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	100	110	120	130	140	150	160
Общая выживаемость семян и растений, %	80	82	85	87	89	91	93
Норма высева, млн. семян/га	1,25	1,32	1,41	1,49	1,57	1,65	1,72

Получение 30 ц/га зерна обеспечивает посев с фотосинтетическим потенциалом 1513 тыс. м²/га · дн. При этом каждая тысяча единиц ФП формирует 1,98 кг зерна (М_{ФП}). Эту величину определяют, преобразуя формулу (10):

$$M_{ФП} = \frac{10^4 U_T}{ФП} = \frac{10^4 \cdot 30 \text{ ц/га}}{1513 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.}} = 1,98 \text{ кг.}$$

Если известны величина ФП и длина вегетационного периода, то легко рассчитать, какая должна быть средняя площадь листьев посева с продуктивностью 30 ц/га зерна: $L_{ср} = 1513 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.} : 85 \text{ дн.} = 17,8 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$. Максимальная площадь достигнет 29,4 тыс. м²/га (17,8 тыс. м²/га · 1,65).

При загущенных посевах за счет применения завышенных норм высева ухудшается освещенность растений, уменьшается приток пластических веществ в генеративные органы и увеличивается стерильность цветков. Фитометрические параметры посевов должны находиться под постоянным контролем и с учетом почвенно-климатических условий корректироваться на каждый уровень урожая.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Получение запрограммированных урожаев гречихи возможно на почвах высокой культуры земледелия и с оптимальными агротехническими показателями. На дерново-подзолистых почвах содержание гумуса должно составлять не менее 2%, фосфора и калия по Кирсанову — 16 мг/100 г, рН — не ниже 6. На серых лесных почвах показатели рН, фосфора и калия должны быть примерно одинаковы, но содержание гумуса — не менее 2,8%, на черноземных — гумуса не менее 3,5%, рН 7, фосфора и калия по Чирикову — соответственно 16 и 20 мг/100 г, по Мачигину — 2,5 и 30 мг/100 г. Эти показатели используют для программирования норм удобрений.

В зерне гречихи содержится 1,8% азота, 0,58 — фосфора и 0,27% калия. С урожаем 25 ц/га зерна растения из почвы выносят 45 кг/га азота (25 ц/га · 1,8 кг/ц), 14,5 — фосфора (25 · 0,58) и 6,8 кг/га калия (25 ц/га · 0,27 кг/ц).

У позднеспелых сортов гречихи на 1 часть зерна приходится 2 части листостебельной массы (в сумме 3 части). Урожаю 25 ц/га зерна при этом соответствует 50 ц/га соломы (25 · 2), в 1 ц которой содержится 0,8% азота, 0,62 — фосфора и 1,52% калия. С урожаем 50 ц/га соломы вынос составляет: азота — 40 кг/га (50 ц/га · 0,8 кг/ц), фосфора — 31 (50 · 0,62) и калия — 76 кг/га (50 ц/га · 1,52 кг/ц). Общий вынос составляет сумму выносов с основной и побочной продукцией: азота 85 кг/га (45 + 40), фосфора — 45,5

(14,5+31) и калия — 82,8 кг/га (6,8+76). На 1 ц зерна с соответствующим ему количеством листостебельной массы растениями будет вынесено 3,4 кг азота (85 кг/га N:25 ц/га зерна), 1,82 — фосфора (45,5 кг/га P_2O_5 :25 ц/га) и 3,31 кг калия (82,8 кг/га K_2O :25 ц/га), или в сумме 8,58 кг NPK (табл. 196).

196. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае зерна гречихи

Показатель	N	P_2O_5	K_2O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	1,80	0,58	0,27	2,65
в соломе	0,80	0,62	1,52	2,94
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество листостебельной массы, кг	3,40	1,86	3,31	8,57
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,55	0,97	2,52
фосфор » » 1	1,82	1,00	1,78	4,60
калий » » 1	1,03	0,56	1,00	2,59
в процентах	39,7	21,7	38,6	100

По соотношению питательных веществ в урожае гречихи выявляют количество того или иного элемента питания, которое наиболее благоприятно отвечает сортам особенностям культуры. Так, при внесении 100 кг/га NPK в нем должно быть 21,7 кг/га фосфора, 39,7 — азота и 38,6 кг/га калия. Только такое сочетание питательных веществ будет обеспечивать количественные и качественные изменения, происходящие в растительном организме по фазам роста и развития.

Гречиха менее требовательна к плодородию почвы вследствие усвоения питательных веществ из труднодоступных соединений, особенно фосфорных, за счет выделения муравьиной, уксусной и щавелевой кислот. Между тем она обладает высокими показателями выноса NPK, особенно коротким периодом потребления их. Так, за 30—40 дней после посева растения потребляют более 60% азота и калия и до 50% фосфора от максимального их количества. К азоту гречиха менее требовательна, чем к фосфору и калию. Азот необходим для нормального роста и развития корневой системы в начале вегетации. Избыток азота в последующем вызывает излишнее развитие вегетативной массы, удлинение периода вегетации и снижение плодообразования. Своевременное регулирование оптимального соотношения между азотом, фосфором и калием обеспечивает максимальное завязывание плодов и получение высоких урожаев гречихи.

Схема расчета норм NPK на запрограммированный урожай гречихи 30 ц/га зерна приведена в таблице 197.

Следовательно, для получения 30 ц/га зерна гречихи необходимо внести $N_{45}P_{50}K_{42}$, или в сумме 137 кг/га NPK.

За счет питательных веществ почвы может быть получено: по азоту — 22 ц/га (75 кг/га N:3,4 кг/ц), по фосфору — 20,6 (38,4:1,86) и по калию — 21,7 ц/га (72 кг/га K_2O :3,31 кг/ц) зерна, т. е. в среднем урожай по эффективному плодородию составит 21,4 ц/га ($22+20,6+21,7=64,3:3$). На долю элементов питания туков приходится 8,6 ц/га зерна (30—21,4). При использовании 137 кг/га NPK окупаемость составит 6,3 кг зерна (8,6 ц/га:137 кг/га NPK).

197. Расчет норм NPK на заданный урожай гречихи

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Вынос на 1 ц зерна с соломой (B_1), кг	3,40	1,82	3,31
Общий вынос ($B_{об} = U_{прог} B_1$), кг/га	102	55,8	99,3
Содержится в почве:			
мг/100 г (П)	10	16	16
кг/га (PK_m ; $K_m=30$ кг/га)	800	480	480
Коэффициент использования из почвы (K_n)	0,25	0,08	0,15
Возможный вынос из почвы ($B_n = PK_m K_n$), кг/га	75	38,4	72
Требуется внести с минеральными удобрениями ($B_y = B_{об} - B_n$), кг/га	27	17,4	27,3
Коэффициент использования NPK из туков (K_y)	0,6	0,35	0,65
Нормы NPK ($D_{н.в} = B_y : K_y$), кг/га	45	50	42

При внесении органических удобрений под предшествующую культуру нормы рассчитывают с учетом их последствий. В этом случае потребуется меньшее их количество. Минеральные удобрения применяют непосредственно под гречиху. При отсутствии вымывания фосфорные и калийные удобрения дают под яблечную вспашку, а азотные — весной под предпосевную культивацию. Под гречиху можно вносить фосфоритную муку, из которой растения хорошо усваивают фосфор. Отзывчивость растений на фосфорные удобрения вызывает необходимость припосевного внесения фосфора (10—20 кг/га P_2O_5), а растянутость потребления NPK в период вегетации — организации подкормок, особенно сложными удобрениями. Лучший срок для подкормки — фаза бутонизации — начала массового цветения. Глубина заделки удобрений — не ме-

нее 10—12 см. При сплошных посевах подкормку проводят по постоянной технологической колее.

Эффективность минеральных удобрений значительно возрастет при совместном их использовании с микроудобрениями. Последние вносят непосредственно в почву или при посеве с семенами, обработанными одним из недостающих микроэлементов. Предпосевную обработку семян микроэлементами сочетают с протравливанием и применением пленкообразующих веществ.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Гарантированное получение урожая гречихи возможно только при проведении диагностики питания растений в течение вегетации. Она хорошо сочетается с агротехническим комплексом работ, составляющим элементы интенсивной технологии возделывания (табл. 198).

198. Интенсивная технология возделывания гречихи урожаем не менее 30 ц/га зерна

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Озимая пшеница, сахарная свекла, картофель, многолетние бобовые травы, зернобобовые, кукуруза на силос
Основная обработка почвы	После уборки предшественника лущение жнивья на глубину 5—7 см лущильниками ЛДГ-10 или на 8—12 см отвальными лущильниками ППЛ-10-25 при сильной засоренности
	Зяблевая вспашка на глубину 25—27 см плугами ПЛН-5-35 или ПЛН-6-35. По мере появления сорняков культивация КПС-4 с одновременным боронованием
Снегозадержание	В течение зимы двукратное снегозадержание: первое — расстояние между валами 8—10 м, второе — 4—5 м
Предпосевная обработка почвы	По мере наступления физической спелости почвы раннее боронование зяби тяжелыми боронами в 2 следа
	Первую культивацию проводят через 4—5 дней после боронования культиватором КПС-4 в агрегате с боронами БЗСС-1,0. Глубина обработки — 10—12 см
	Вторая культивация — через 8—12 дней после первой культиватором КПС-4 на глубину 7—8 см
	На тяжелых или засоренных многолетними сорняками почвах культивацию заменяют глубоким безотвальным рыхлением на глубину 18—20 см лущильником ППЛ-10-25 со снятыми отвалами с одновременным боронованием боронами БЗСС-1,0

Продолжение

1	2
	Сразу после культивации или рыхления прикатывают почву (не влажную) катками ЗКШ-6
Удобрение	Под зябь вносят $P_{50}K_{42}$ с помощью 1-РМГ-4 или РУМ-8, под предпосевную культивацию — только N_{45}
Посев	Широкорядный посев сеялкой ССТ-12А с приспособлением СТЯ-2700 на глубину 5—6 см с нормой высева 1,49 млн. семян/га. Срок посева — третья декада мая при температуре почвы 14—15 °С
Уход за посевами	Сразу после посева почву прикатывают катками ЗКШ-6 или ККН-8
	До появления всходов обработка почвы 2,4-Д — 1,2—1,5 кг/га д.в. с помощью ПОУ. Расход рабочего раствора — 300—400 л/га
	В день обработки гербицидом необходимо довсходовое боронование боронами З-ОР-0,7 поперек рядков или по диагонали
	В фазу первого листа проводят повсходовое боронование боронами З-ОР-0,7 поперек рядков или по диагонали. Лучшие результаты получают при обработке почвы с 10 до 17 ч
	Первая междурядная культивация по мере обозначения рядков — на глубину 5—6 см, с оставлением защитной зоны 8—10 см, для чего на культиватор УСМК-5,4А устанавливают бритву; вторая культивация — через 10—12 дней на глубину 8—10 см. На культиватор УСМК-5,4А устанавливают стрельчатые лапы и долота
	Перед смыканием рядков проводят третью культивацию на глубину 5—6 см. На культиватор УСМК-5,4А устанавливают стрельчатые лапы или бритвы
	За 1—2 дня до начала цветения вывозят 2—3 пчелосемян на 1 га
Уборка	При побурении 65—70% плодов гречиху скашивают жатками ЖВН-6 или ЖРБ-4,2 поперек посева. Высота скашивания 15—20 см
	Через 4—6 дней после скашивания подбирают валки СК-5 с подборщиками ППТ-3А
	Частота вращения барабана — 500—600 мин ⁻¹

Запрограммированный урожай гречихи возможен только при точном наблюдении и своевременном применении интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. В основе такой системы должны быть объективная оценка фитосанитарного состояния посевов в данных климатических условиях, прогноз потенциальной опасности от вредителей и болезней и корректировка плана СТАЗР (станция защиты растений) по защите урожая от вредных организмов.

СОРГО

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Сорго — высокоурожайная культура многостороннего использования. В 1 кг зерна содержится 1,19 корм. ед., зеленой массы — 0,24 и силоса — 0,22 корм. ед. При скашивании массы до огрубления стеблей сорго дает сено хорошего качества; после укоса быстро отрастает и формирует высокий урожай зеленой массы. Потенциальная продуктивность сорго на зерно и силос значительная, особенно при орошении: 100 ц/га зерна и более 1000 ц/га зеленой массы.

За период вегетации сорго накапливает большое количество солнечной энергии. Так, в 1 кг биомассы растений аккумулируется 4300 ккал, в зерне — 4370, в листостебельной массе — 4240 и в 1 кг сухой массы корней — 4040 ккал. Количество приходящей на 1 га посева сорго солнечной энергии зависит от длины вегетационного периода районированных сортов. Период вегетации скороспелых сортов составляет 90—110 дней, среднеспелых — 110—130 и позднеспелых — 130—145 дней, приход суммарной ФАР соответственно 24,3—29,1; 29,1—33,3 и 33,3—36 ккал/см², что и обуславливает различную урожайность (табл. 199).

При соотношении зерна и соломы 1:2 $K_m=0,333$ на абсолютную сухую биомассу ($1:3=0,333$) и $K_m=0,387$ при 14%-ной влажности зерна ($0,333:86\% \cdot 100\%$). Если за период вегетации позднеспелого гибрида сорго приход ФАР достигает 36 ккал/см², то использованию ФАР 3% соответствует сбор 79,7 ц/га зерна:

$$U_{пу} = 10^4 \cdot 3\% \cdot 0,387 \frac{36,0 \text{ ккал/см}^2}{4370 \text{ ккал/кг}} = 79,7 \text{ ц/га.}$$

За период вегетации скороспелых сортов сорго при КПД ФАР, равном 1—4%, возможен сбор зерна 21,2—102,7 ц/га, среднеспелых — 25,7—116,9 и позднеспелых — 29,2—127,5 ц/га. Высокие урожаи могут быть получены только при оптимизации основных факторов, обеспечивающих реализацию потенциальной продуктивности сортов, особенно водного режима.

199. Возможный урожай зерна сорго в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
24	21,2	31,9	42,4	53,1	63,7	74,4	85,0
25	22,1	33,2	44,3	55,3	66,4	77,5	88,5
26	23,0	34,5	46,0	57,6	69,1	80,6	92,1
27	23,9	35,9	47,8	59,8	71,7	83,7	95,6
28	24,8	37,2	49,6	62,0	74,4	86,8	99,2
29	25,7	38,5	51,4	64,2	77,0	89,9	102,7
30	26,6	39,8	53,1	66,4	79,7	93,0	106,3
31	27,4	41,2	54,9	68,6	82,3	96,1	109,8
32	28,3	42,5	56,7	70,8	85,0	99,2	113,3
33	29,2	43,8	58,4	73,0	87,7	102,3	116,9
34	30,1	45,2	60,2	75,3	90,3	105,4	120,4
35	31,0	46,5	62,0	77,5	93,0	108,5	124,0
36	31,9	47,8	63,8	79,7	95,6	111,6	127,5

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Сорго — засухоустойчивая культура. Коэффициент водопотребления его колеблется от 160 до 240 и в среднем составляет 200, что в 2—2,5 раза меньше, чем у зерновых колосовых культур. Поэтому сорго обеспечивает получение относительно высоких урожаев при естественной влагообеспеченности посевов у самых границ полупустынной зоны. Кроме почвенной засухи, растения хорошо переносят воздушную засуху и суховеи. Между тем продуктивность культуры сильно зависит от наличия продуктивной для растений влаги, которая используется ими из слоя почвы 0—200 см.

Урожаи зерна сорго, рассчитанные с учетом различной влагообеспеченности посевов, приведены в таблице 200.

200. Возможный урожай сорго в зависимости от влагообеспеченности посевов, ц/га

K_w	Количество продуктивной влаги, мм							
	120	140	160	180	200	220	240	260
160	29,0	33,9	38,7	43,5	48,4	53,2	58,0	62,9
170	27,3	31,9	36,4	41,0	45,5	50,1	55,6	59,2
180	25,8	30,1	34,4	38,7	43,0	47,3	51,6	55,9
190	24,4	28,5	32,6	36,7	40,7	44,8	48,9	52,9
200	23,2	27,1	31,0	34,8	38,7	42,6	46,4	50,3
210	22,1	25,8	29,5	33,2	36,8	40,5	44,2	47,9
220	21,1	24,6	28,1	31,7	35,2	38,7	42,2	45,7
230	20,2	23,5	26,9	30,3	33,6	37,0	40,4	43,7
240	19,3	22,6	25,8	29,0	32,2	35,5	38,7	41,9

Например, в условиях Ставропольского края за период вегетации позднеспелого сорта накопилось 240 мм продуктивной влаги. Этой величине при $K_w=200$ соответствует получение 46,4 ц/га зерна:

$$U_{\text{дву}} = \frac{100W}{K_w} K_m = \frac{100 \cdot 240 \text{ мм}}{200 \text{ мм} \cdot \text{га/ц}} \cdot 0,387 = 46,4 \text{ ц/га.}$$

Если программируется получить 100 ц/га зерна, то определяют оросительную норму для формирования дополнительного урожая 53,6 ц/га (100—46,4). Оросительная норма может быть рассчитана по формуле

$$O_n = \frac{(U_{\text{прог}} - U_v) K_w}{100 K_m}, \quad (56)$$

где U_v — урожай, который формируется по естественной влагообеспеченности посевов, ц/га.

В этом примере для получения 100 ц/га зерна сорго (53,6 ц/га прибавка от орошения) оросительная норма составляет 277 мм, или 2770 м³/га воды:

$$O_n = \frac{(100 \text{ ц/га} - 46,4 \text{ ц/га}) \cdot 200 \text{ мм} \cdot \text{га/ц}}{100 \cdot 0,387} = 277 \text{ мм.}$$

Суммарное водопотребление (E_0) при этом окажется равным 517 мм (240 мм + 277 мм), или 5170 м³/га. Урожаю 100 ц/га зерна соответствует 200 ц/га соломы, т. е. общий сбор биологической массы составляет 300 ц/га при 14 %-ной влажности, или 258 ц/га абсолютно сухой массы (300 ц/га · 86 % : 100 %). Биологический коэффициент водопотребления ($K_{\text{вб}}$) окажется равным 200 (100 · 517 мм : 258 ц/га), а товарный (K_t) — 517 (100 · 517 мм : 100 ц/га зерна). С уменьшением урожайности K_t будет возрастать, а с увеличением — снижаться. Так, урожаю зерна 70 ц/га будет соответствовать $K_t=738$, 80 ц/га — 646, 90 ц/га — 574, 110 ц/га — 470, 120 ц/га — 431 и 130 ц/га — 398. Следовательно, весь агрокомплекс работ по возделыванию сорго необходимо направлять на полное использование урожайной способности сорта и максимальное аккумулялирование солнечной энергии посевами, имеющими оптимальные фитометрические показатели, что вполне реально, так как сорго имеет широкие листья, покрытые восковым налетом, и количество их на одном растении колеблется от 10 (скоропелые сорта) до 25 и более (позднеспелые сорта).

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Урожай зерна 100 ц/га обеспечивается в том случае, если на 1 тыс. единиц фотосинтетического потенциала формируется 3 кг зерна. Отсюда за период вегетации позднеспелых сортов сорго ($T_v=145$ дней) накапливается 3333 тыс. м²/га · дн. ФП (100 ц/га

зерна : 3 кг зерна/1000 единиц ФП). Такой посев имеет среднюю площадь листьев, равную 23 тыс. м²/га (3333 тыс. м²/га · дн. : 145 дней), максимальную — 42,5 тыс. м²/га (23 тыс. м²/га · 1,85).

В каждой метелке сорго содержится 1600 зерен и более. При массе 1000 зерен 32 г с каждого растения можно получить 51,2 г зерна (1600 зерен · 32 г : 1000 зерен). Для формирования заданного урожая 100 ц/га зерна к уборке необходимо иметь 195,3 тыс. растений/га с метелками (10⁵ · 100 ц/га : 51,2 г). При массе 1000 семян 32 г норма высева составит 6,24 кг/га (195,3 тыс. семян/га · 32 г : 1000 семян), с учетом общей выживаемости ($B_{\text{об}}$) 90 % (0,9) — 6,93 кг/га (6,24 кг/га : 0,9). В таблице 201 приведены фитометрические показатели посевов сорго различной продуктивности и нормы высева на заданные урожаи.

201. Фитометрические показатели посевов сорго различной продуктивности и нормы высева на заданный урожай

Показатель	Программируемый урожай зерна, ц/га						
	40	50	60	70	80	90	100
Площадь листьев, тыс. м ² /га:							
средняя	17,8	19,2	20,2	20,8	21,2	21,7	23,0
максимальная	32,9	35,6	37,4	38,5	39,3	40,2	42,5
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га · дн.	1600	1923	2222	2500	2759	3000	3333
Длина вегетационного периода, дн.	90	100	110	120	130	138	145
Выход зерна на 1 тыс. единиц ФП, кг	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0
Количество зерен в метелке, тыс. шт.	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Масса 1000 семян, г	20	22	24	26	28	30	32
Масса зерна с одной метелки, г	32	35,2	38,4	41,6	44,8	48,0	51,2
Количество растений к уборке, тыс. шт./га	125	142	156,3	168,3	178,5	187,5	195,3
Общая выживаемость семян и растений, %	86	86	86	88	88	90	90
Норма высева:							
тыс. семян/га	145,3	165	181,7	191,3	202,8	208,3	217
кг/га	2,91	3,63	4,36	4,97	5,68	6,25	6,94

Моделирование фитометрических показателей и нормы высева можно проводить заблаговременно. Наиболее точные параметры получают при наличии данных по выходу зерна на 1 тыс. единиц ФП, количеству зерна в метелке, массе 1000 семян и массе зерна, получаемой с одной метелки. При этом могут быть внесены коррективы на характер предстоящего периода вегетации и биологическую особенность сорта.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

В зерне сорго содержится 2,08% азота, 0,67 — фосфора и 0,40% калия. Урожаем зерна 40 ц/га выносятся 83,2 кг/га азота (40 ц/га · 2,08 кг/ц), 26,8 — фосфора (40 · 0,67) и 16 кг/га калия (40 ц/га · 0,4 кг/га). Урожаю зерна 40 ц/га соответствует 80 ц/га соломы. В ней содержится 0,8% азота, 0,35 — фосфора и 0,57% калия. Урожаем соломы 80 ц/га выносятся 64 кг/га азота (80 ц/га · 0,8 кг/га), 28 — фосфора (80 · 0,35) и 45,6 кг/га калия (80 ц/га · 0,57 кг/ц). Общий вынос питательных веществ составляет сумму выносов зерном и соломой: азота — 147,2 кг/га (83,2 + 64), фосфора — 54,8 (26,8 + 28) и калия — 61,6 кг/га (16 + 45,6). На 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы растения выносят 3,68 кг азота (147,2 кг/га : 40 ц/га зерна), 1,37 — фосфора (54,8 : 40) и 1,54 кг калия (61,6 кг/га : 40 ц/га), или в сумме 6,59 кг NPK. Оптимальное соотношение питательных веществ в конечном урожае составляет 55,8% N : 20,8% P₂O₅ : 23,4% K₂O, т. е. потребность растений в элементах питания будет обеспечена в том случае, если в 100 кг/га NPK вносимых туков окажется 56 кг/га азота, 21 — фосфора и 23 кг/га калия. В таблице 202 приведены вынос и соотношение питательных веществ в урожае сорго.

Вынос питательных веществ 1 ц зерна сорго используют для расчета норм удобрений на запрограммированный урожай. Например, на лугово-черноземной почве при орошении программируют получить 80 ц/га сорго. С этим урожаем из почвы будет отчуждено 294,4 кг/га азота (80 ц/га · 3,68 кг/ц), 109,6 — фосфора (80 · 1,37) и 123,2 кг/га калия (80 ц/га · 1,54 кг/ц). В слое почвы 0—30 см содержится (по Мачигину) 3,45 мг/100 г подвижного фосфора и 37,5 мг/100 г обменного калия. Для точного определения количества доступных для растений азота и фосфора их показатели переводят, используя коэффициенты соответствия (K_c) к стандартным методам. K_c находят следующим образом. На участке без внесения удобрений орошаемые лугово-черноземные почвы обеспечили получение 50 ц/га зерна сорго. С этим урожаем из почвы вынесено 184 кг/га азота (50 ц/га · 3,68 кг/ц), 68,5 — фосфора (50 · 1,37) и 77 кг/калия (50 ц/га · 1,54 кг/ц). Эти величины переводят в мг/100 г почвы. Для слоя почвы 0—30 см K_m = 40 кг/га.

202. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае сорго

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание, %:				
в зерне	2,08	0,67	0,40	3,15
в соломе	0,80	0,35	0,57	1,72
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы, кг	3,68	1,37	1,54	6,59
Соотношение питательных веществ в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,0	0,37	0,42	1,79
фосфор » » 1	2,69	1,0	1,12	4,81
калий » » 1	2,39	0,89	1,0	4,28
в процентах	55,8	20,8	23,4	100

Выносу 184 кг/га азота соответствует 4,6 мг/100 г легкогидролизуемого азота (184 кг/га : 40), 1,71 — подвижного фосфора (68,5 : 40) и 1,93 мг/100 г обменного калия (77 кг/га : 40). Чтобы определить содержание доступных питательных веществ в почве, эти показатели делят на коэффициенты их использования из почвы. Если азот используется на 30% (0,3), то содержание его в почве будет 15,33 мг/100 г (4,6 мг/100 г : 0,3), усвоению фосфора на 10% (0,1) соответствует содержание 17,1 мг/100 г (1,71 мг/100 г : 0,1) и калия на 6% (0,06) — 32,2 мг/100 г (193 мг/100 г : 0,06). Содержание калия оказалось близко к данным, полученным при анализе почвы, а азота и фосфора — отличалось в значительной степени. По ним и рассчитывают K_c. Для азота он равен 4,44 (15,33 мг/100 г : 3,45 мг/100 г), фосфора — 11,03 (17,1 мг/100 г : 1,55 мг/100 г).

K_c можно рассчитать также по формуле

$$K_c = \frac{Y_n B_1}{PK_M K_n} \quad (57)$$

Например, при Y_n = 50 ц/га зерна сорго, B₁ = 3,68 кг/ц азота, P = 3,45 мг/100 г, K_m = 40 кг/га, K_n = 0,3 коэффициент соответствия по азоту (K_c) равен 4,44:

$$K_c = \frac{50 \text{ ц/га зерна} \cdot 3,68 \text{ кг/ц}}{4,6 \text{ мг/100 г} \cdot 40 \text{ кг/га} \cdot 0,3} = 4,44.$$

В таблице 203 приведена схема расчета норм NPK на запрограммированный урожай сорго 80 ц/га зерна.

203. Расчет норм NPK на запрограммированный урожай сорго с применением K_c

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы (B_1), кг	3,68	1,37	1,54
Общий вынос ($B_{об} = U_{прог} B_1$), кг/га	294,4	109,6	123,2
Содержание в почве (П), мг/100 г	3,45	1,55	37,5
Коэффициент соответствия (K_c)	4,44	11,03	—
Количество доступных для растений питательных веществ в почве ($PK_c K_m$ — для азота и фосфора, PK_m — для калия), кг/га	613	684	1500
Коэффициент использования из почвы (K_n)	0,3	0,1	0,06
Возможный вынос из почвы ($B_n = PK_c K_n$), кг/га	183,9	68,4	90
Требуется внести с минеральными удобрениями ($B_y = B_{об} - B_n$), кг/га	110,5	41,2	33,2
Коэффициент использования из удобрений (K_y)	0,95	0,45	0,95
Нормы NPK ($D_{д.в} = B_y : K_y$), кг/га	116	91	35

Следовательно, для получения 80 ц/га зерна при орошении необходимо внести $N_{116}P_{91}K_{35}$, или в сумме 242 кг/га NPK. Без учета K_c нормы азота и фосфора были бы значительно завышены, а эффективность удобрений оказалась очень низкой. При использовании 242 кг/га на 1 кг NPK туков будет получено 12,4 кг зерна (30 ц/га зерна — прибавка от удобрений: 242 кг/га NPK).

Следует отметить, что несмотря на постоянное увеличение производства минеральных удобрений и их поставок в сельское хозяйство, необходимо находить такие способы расчета норм NPK на запрограммированный урожай культуры, которые обеспечили бы получение высокой окупаемости единицы туков. Это возможно только при учете агрохимических показателей почв, химического состава растений и условий их возделывания.

В таблице 204 приведены нормы удобрений на запрограммированный урожай сорго, рассчитанные для орошаемых земель, которые можно применять и при хорошей влагообеспеченности растений.

Эти нормы удобрений следует корректировать с учетом внесенных под предшественник питательных веществ, а также количества биологического азота, накапливаемого зернобобовыми культурами и многолетними бобовыми травами.

204. Нормы NPK на урожай сорго на орошаемых землях

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай, ц/га						
		30—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100
N	III	75—83	85—93	95—103	105—114	116—215	127—135	137—146
	IV	67—75	77—85	87—95	97—105	107—116	118—127	129—137
	V	58—67	69—77	79—87	89—97	99—107	109—118	120—129
	VI	49—58	60—69	71—79	81—89	91—99	101—109	111—120
P_2O_5	III	50—58	60—68	70—78	80—91	93—99	101—109	111—119
	IV	42—50	52—60	62—70	72—80	82—93	95—101	103—111
	V	34—42	44—52	54—62	64—72	74—82	84—95	97—103
	VI	26—34	36—44	46—54	56—64	66—74	76—84	86—97
K_2O	III	0—20	22—29	31—38	40—47	49—56	58—65	67—75
	IV	—	15—22	24—31	33—40	42—49	51—58	60—67
	V	—	0—15	17—24	26—33	35—42	44—51	53—60
	VI	—	—	0—17	19—26	28—35	33—44	46—53

Сорго хорошо отзывается на органические удобрения, которые вносят под предшествующую культуру. В этом случае также учитывают возможное поступление питательных веществ в последствии от органических удобрений.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Технологию возделывания сорго строят с учетом его биологических особенностей и предшественника. На орошаемых землях она включает влагозарядковые поливы нормой 800—1200 м³/га перед зяблевой вспашкой или одновременно с ней, подавая воду вслед за агрегатом по последней борозде. Технология возделывания сорго на программируемый урожай приведена в таблице 205.

Сорго обеспечивает высокие урожаи только при соблюдении оптимальных сроков проведения всех работ, предусмотренных технологией его возделывания. Все расчеты, проводимые при программировании урожаев, дадут положительный эффект при условии их тесной связи с нормативами реакции различных агроприемов на продуктивность полевых культур.

205. Технология получения 80 ц/га зерна сорго

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Озимые культуры, зернобобовые, кукуруза на зерно и силос, подсолнечник
Основная обработка почвы	После уборки предшествующей культуры лущение жнивья на глубину 6—8 см лущильником ЛД-10 или дискование после пропашных на глубину 10—12 см тяжелой дисковой бороной БДТ-7 Если поля засорены корнеотпрысковыми сорняками, то проводят повторное лущение корпусными лущильниками ППЛ-10-24 на глубину 12—14 см Почвы, подверженные ветровой эрозии, обрабатывают плоскорезами КПП-2,2 на глубину 10—12 см поперек направления предыдущей обработки Зябь пахут на глубину 25—27 см плугами ПЛН-5-35 или ПЛН-6-35. Вслед за плугом подают воду для влагозарядкового полива (800—1200 м³/га) Почвы, подверженные ветровой эрозии, рыхлят на глубину 25—27 см плоскорезами КПП-250 или КПП-2-150 в агрегате с тракторами К-700 и К-701 Сорняки уничтожают культивацией или дискованием почвы с одновременным боронованием БЗСС-1,0 или опрыскиванием гербицидами 2,4-Д — 0,6—1 л/га д.в. или 2М-4Х — 1—1,5 кг/га д.в. Расход рабочей жидкости — 200—300 л/га При преимущественном засорении поля сорняками, устойчивыми к 2,4-Д и 2М-4Х, проводят опрыскивание одним из гербицидов: 40%-ным диапреном — 3—5 л/га, дозанексом — 3—5 кг/га, 40%-ным диаленом — 1,9 кг/га, 27%-ным банленом — 4 кг/га
Предпосевная обработка почвы	Ранневесеннее боронование тяжелыми боронами БЗСС-1,0. При почвозащитной технологии поверхностное рыхление игольчатой бороной БИГ-3 на глубину 4—6 см поперек вспашки

Продолжение

1	2
	Вносят азот из расчета 116 кг/га туковыми сеялками РУМ-3 или 1-РМГ-4. Предпосевная культивация комбинированными почвообрабатывающими агрегатами типа «Комби-8,8», БП-8, культиваторами УСМК-5,4, а при почвозащитной технологии — КШ-3,6 или КПП-4 на глубину 5—6 см под углом 30° к зяблевой вспашке или глубокому рыхлению. Для лучшей разделки почвы и уничтожения сорняков до предпосевной культивации (за 2—3 дня до посева) проводят еще одну культивацию зяби
Посев	Семена перед посевом обрабатывают одним из следующих препаратов: 50%-ным гамма-гексаном — 2 кг/т, 80%-ным ТМТД — 1,5—2 кг/т, гранозаном — 1,5—2 кг/т, 75%-ным витаваксом — 2—3 кг/т. При этом семена увлажняют (10 л воды на 1 т). Обработку семян проводят, начиная с момента их закладки на хранение до предпосевного периода весной Семена высевают в ранние сроки сеялками точного высева СПЧ-6. Норма высева — 5,68 кг/га, или 202,8 тыс. семян/га. Глубина посева — 3—6 см в зависимости от увлажненности верхнего слоя почвы
Уход за посевами	Для ускорения появления всходов почву прикатывают одновременно с посевом или после кольчато-рубчатыми катками ЗККШ-6. До появления всходов проводят боронование боронами БЗСС-1,0 поперек посева. При этом уничтожаются молодые сорняки и разрушается почвенная корка Боронование по всходам необходимо только при избыточной густоте стояния растений и хорошо укоренившимся растениям Для уничтожения однолетних двудольных сорняков посевы опрыскивают аминной солью 2,4-Д — 1,5—2,5 л/га, или бутиловым эфиром 2,4-Д — 0,7—1,2 л/га, или 2М-4Х — 1—1,6 кг/га. Расход рабочей жидкости — 200—400 л/га За период вегетации растений проводят 3—4 междурядные обработки: первую — в фазу 3—4 листьев, последующие — по мере появления сорняков или почвенной корки после поливов
Уборка	Убирают сорго в фазу полной спелости зерна зерноуборочными комбайнами «Нива», «Колос», «Дон-1500»

САХАРНАЯ СВЕКЛА

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Сахарная свекла — одна из высокопродуктивных культур, обеспечивающих наиболее полное аккумулярование солнечной энергии. Листья растений обладают значительной фотосинтетической активностью за счет ориентированного расположения к свету и отсутствия взаимного затенения в посевах. При правильном выборе густоты посева можно получить 1200—1500 ц/га корнеплодов с высоким содержанием сахара. В зоне возделывания этой культуры приход ФАР за период вегетации составляет 26—34 ккал/см², или 2,6—3,4 млрд. ккал/га. Калорийность корнеплода равна в среднем 4450 ккал/кг. В общей биомассе на 1 ц корнеплодов приходится 0,4 ц листьев с черешками. При этом $K_m = 0,714$ (1 : 1,4 части), когда расчет ведут на сухую биомассу корнеплодов, и $K_m = 3,57$ ($0,714 : 20\% \cdot 100\%$) — на урожай корнеплодов, содержащих 20% абсолютно сухого вещества. Пользуясь формулой (17), рассчитывают урожай корнеплодов, который можно запрограммировать в случае прихода 34 ккал/см² ФАР, усвоения ее растениями на 4% и калорийности одного корнеплода 4450 ккал/кг:

$$U_{пу} = 10^4 \cdot 4\% \cdot 3,57 \cdot \frac{34 \text{ ккал/см}^2}{4450 \text{ ккал/кг}} = 1091 \text{ ц/га.}$$

В таблице 206 приведены урожай сахарной свеклы при использовании растениями от 0,5 до 4% ФАР и различном ее приходе. При усвоении посевами 5% ФАР возможный урожай корнеплодов составит 1364 ц/га.

Высокая питательная ценность сахарной свеклы ставит ее в ряд высокопродуктивных культур. В 1 кг корнеплодов содержится 0,255 корм. ед., в 1 кг листьев — 0,2. Урожаю 500 ц/га корнеплодов соответствует сбор 127,5 ц/га (500 ц/га · 0,255) и 200 ц/га листьев (500 · 0,4) — 40 ц/га (200 ц/га · 0,2), или в сумме 167,5 ц/га корм. ед. и 72 кг/га переваримого протеина. Такому количеству кормовых единиц равноценно получение 125 ц/га (167,5 ц/га : 1,34 корм. ед.) зерна кукурузы. В условиях оптимального почвенного питания и влагообеспеченности листья сахарной свеклы усваивают в 1,5—2 раза больше солнечной радиации по сравнению со средними условиями, а прирост биомассы на удобренных почвах в 2—3 раза выше, чем на средних по плодородию. При низкой обеспеченности растений элементами питания и влагой площадь листьев оказывается не более 10—15 тыс. м²/га. В данном случае посевы поглощают только незначительную часть энергии ФАР. Посев как бы автоматически регулирует свои оптические свойства и энергетические балансы, приводя в соответствие количество поглощаемой растениями энергии с наличием до-

206. Возможный урожай сахарной свеклы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %														
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0
26,0	104	156	208	261	313	365	417	469	521	573	626	678	730	782	834
26,5	106	159	212	266	319	372	425	478	531	585	638	691	744	797	850
27,0	108	162	216	271	325	379	433	487	541	596	650	704	758	812	866
27,5	110	165	221	276	331	386	441	496	551	607	662	717	772	827	882
28,0	112	168	225	281	337	393	449	505	561	618	674	730	786	842	898
28,5	114	171	229	286	343	400	457	514	571	629	686	743	800	857	914
29,0	116	174	233	291	349	407	465	523	582	640	698	756	814	872	930
29,5	118	177	237	296	355	414	473	532	592	651	711	769	828	887	946
30,0	120	180	241	301	361	421	481	541	602	662	722	782	842	902	962
30,5	122	183	245	306	367	428	489	550	612	673	734	795	856	917	976
31,0	124	186	249	311	373	435	497	559	622	684	746	808	870	933	994
31,5	126	189	253	316	379	442	505	568	632	695	758	821	884	948	1011
32,0	128	192	257	321	385	449	513	578	642	706	770	834	898	963	1027
32,5	130	195	261	326	391	456	521	587	652	717	782	847	912	978	1043
33,0	132	198	265	331	397	463	529	596	662	728	794	860	926	993	1059
33,5	134	201	269	336	403	470	537	605	672	739	806	873	941	1007	1075
34,0	136	204	273	341	409	477	545	614	682	750	818	886	955	1023	1091

В более засушливых районах Заволжья, Калмыцкой АССР, Астраханской области и других на формирование 1 ц корнеплодов растения потребляют до 190 ц воды. Оросительные нормы достигают здесь 5—6 тыс. м³/га, что подтверждают расчеты, проводимые по формуле (38) (табл. 208):

208. Оросительные нормы сахарной свеклы в различных зонах орошаемого земледелия РСФСР (обобщенные данные)

Показатель	Зона					
	I	II	III	IV	V	VI
Коэффициент водопотребления, ц воды на 1 ц корнеплодов	190	190	190	120	100	80
Оросительная норма, м ³ /га	5660	5660	4450	4180	3210	2000

$$E_o = \frac{10^5 \cdot 34,5 \text{ ккал/см}^2}{586 \text{ ккал/кг}} = 5887 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Оросительную норму (O_n) на заданный урожай сахарной свеклы определяют по формуле

$$O_n = 0,1 U_T K_T - O_c K_{oc} - O_c^{tp} K_{oc}^{tp} - O_c^{xp} K_{oc}^{xp} - W_{гв}, \quad (58)$$

где O_c , O_c^{tp} , O_c^{xp} — осадки соответственно за период вегетации теплого (tp) и холодного (xp) периодов, мм;

K_{oc} , K_{oc}^{tp} , K_{oc}^{xp} — коэффициенты соответственно использования осадков по периодам;

$W_{гв}$ — количество воды, используемое растениями из грунтовых вод, мм.

Например, для получения 400 ц/га корнеплодов (U_T) при коэффициенте водопотребления (K_T) 100 мм·га/ц, количество осадков за период вегетации 200 мм (O_c), за теплый период — 80 (O_c^{tp}), холодный — 70 мм (O_c^{xp}), при $K_{oc}=0,8$, $K_{oc}^{tp}=0,6$ и $K_{oc}^{xp}=0,5$ и притоке воды из грунтовых вод до 10 мм ($W_{гв}$) оросительная норма (O_n) составит 147 мм, или 1470 м³/га:

$$O_n = (0,1 \cdot 400 \text{ ц/га} \cdot 100 \text{ мм} \cdot \text{га/ц}) - (200 \text{ мм} \cdot 0,8) - (80 \text{ мм} \cdot 0,6) - (70 \text{ мм} \cdot 0,5) - 10 \text{ мм} = 400 \text{ мм} - (160 \text{ мм} + 48 \text{ мм} + 35 \text{ мм} + 10 \text{ мм}) = 147 \text{ мм}.$$

При глубоком залегании грунтовых вод $W_{гв}$ из формулы исключают. Влажность корнеобитаемого слоя почвы устанавливают до посева, по фазам развития растений и в период уборки урожая. Первое и последнее определения нужны для расчета суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления сахарной свеклы. Систематические определения влажности корнеобитаемого слоя позволяют разработать водный баланс растений применительно к различным почвенно-климатическим зонам.

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Сахарная свекла — высокозасухоустойчивая культура. Ее корневая система проникает в почву на глубину до 2 м. Однако для формирования благоприятного водного режима, густоты посевов и ассимиляционной поверхности необходимо учитывать обеспеченность растений влагой. Все фитометрические показатели рассчитывают с учетом запрограммированной урожайности.

Например, урожаю 350 ц/га (U_T) при массе корнеплодов 280 г (M_k) должна соответствовать оптимальная густота стояния растений к уборке 125 тыс/га. Если масса 1000 клубочков равна 28,5 г (А), то необходимо высеять 3,562 кг/га клубочков ($N=125 \text{ тыс. растений/га} \cdot 28,5 \text{ г} : 1000$).

Нормы высева определяют по формуле

$$N = \frac{0,1 U_T A}{M_k}, \quad (59)$$

При площади листьев одного растения 3090 см² заданному урожаю 350 ц/га корнеплодов будет соответствовать максимальная площадь листьев 38,62 тыс. м²/га (3090 см² · 125 тыс. растений/га : 100²), или 21,0 тыс. м²/га в среднем за вегетацию (38,62 тыс. м² · 54,4% : 100%).

За 150 дней вегетации такой посев должен сформировать фотосинтетический потенциал, равный 3150 тыс. м²/га·дн. (ФП = 21 тыс. м²/га · 150 дн.). Если на 1 тыс. единиц ФП образуется 11,1 кг корнеплодов, то можно ожидать сбор около 350 ц/га сахарной свеклы: $U_T = 3150 \text{ тыс. м}^2/\text{га} \cdot \text{дн.} \cdot 11,1 \text{ кг/тыс. единиц ФП} : 100\%$. При соотношении корнеплодов и ботвы 1:0,7 этому урожаю будет соответствовать 245 ц/га ботвы (350 ц/га · 0,7). Общий сбор биомассы составит 595 ц/га, а сухой биомассы (при содержании 20% сухого вещества) — 119 ц/га.

Чтобы получить 800 ц/га корнеплодов, нужно высеять 7,135 кг/га клубочков 100%-ной всхожести. При этом густота стояния растений к уборке составит 216,22 тыс/га (7,135 кг/га : 33 г/1000 клубочков), масса каждого корнеплода — 370 г (800 ц/га : 216,22 тыс. растений/га).

Такой высокопродуктивный посев должен иметь максимальную площадь листьев 72,65, среднюю — 48 тыс. м²/га и 7200 тыс. единиц ФП (табл. 209).

В таблице 210 приведена густота стояния растений сахарной свеклы в зависимости от величины заданного урожая и массы одного корнеплода. Например, чтобы получить 750 ц/га корнеплодов, к уборке нужно иметь 250 тыс. растений на 1 га с массой каждого корнеплода 300 г (750 ц/га : 250 тыс. растений/га).

209. Фитометрические показатели, густота стояния растений и заданные

Показатель	Урожай корне						
	200	250	300	350	400	450	500
Урожай ботвы, ц/га	140	175	210	245	280	315	350
Общий урожай биомассы, ц/га	340	425	510	595	680	765	850
Урожай сухой биомассы, ц/га	68	85	102	119	136	153	170
Фотосинтетический потенциал (ФП), тыс. м ² /га	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500
Площадь листьев, тыс. м ² /га:							
средняя	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0
максимальная	24,0	29,13	34,0	38,62	43,03	47,25	51,29
Площадь листьев одного растения, см ²	3000	3030	3060	3090	3120	3150	3180
Масса корнеплода, г	250	260	270	280	290	300	310
Густота стояния растений к уборке, тыс/га	80,0	96,15	111,11	125,0	137,93	150,0	161,29
Абсолютная масса 1000 клубочков, г	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0
Норма высева, кг/га	2,160	2,644	3,111	3,562	4,000	4,225	4,839

Следовательно, для каждого конкретного поля необходимо рассчитать все параметры заданного урожая. Точность определения продуктивности сахарной свеклы будет тем выше, чем ближе будут все параметры для данного поля (участка) к оптимальным величинам.

Посевы не всегда могут быть обеспечены оптимальным сочетанием параметров урожая. Это особенно относится к засушливым годам. Однако и в указанных условиях можно получить относительно высокие урожаи при наилучшей структуре и фотосинтетической деятельности растений в посевах. При этом определяют оптимальные для рассматриваемого посева сочетания элементов фотосинтетической деятельности (площадь листьев, ход ее изменения, световые кривые фотосинтеза, потери пластических веществ на дыхание, коэффициент хозяйственной эффективности). В одних случаях (в годы с благоприятной влагообеспеченностью) это могут быть посевы с большой площадью листьев, в другие (при недостатке влаги) — с ограниченной, но с высокими показателями интенсивности фотосинтеза и коэффициента хозяйственной эффективности.

нормы высева сахарной свеклы

плодов, ц/га									
550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
385	420	455	490	525	560	595	630	665	700
935	1020	1105	1190	1275	1360	1445	1538	1615	1700
187	204	221	238	255	272	289	306	323	340
4950	5400	5850	6300	6750	7200	7650	8100	8550	9000
33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0
55,17	58,91	62,51	66,0	69,37	72,65	75,83	78,92	81,94	84,88
3210	3240	3270	3300	3330	3360	3390	3420	3450	3480
320	330	340	350	360	370	380	390	400	410
171,87	181,82	191,18	200,0	208,33	216,22	223,68	230,76	237,5	243,90
30,5	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0
5,242	5,636	6,022	6,400	6,771	7,13	7,493	7,846	8,194	8,536

Теоретическое обоснование и получение высокопродуктивных посевов, способных в разных условиях усваивать энергию солнечной радиации с максимально возможным для этих условий КПД, являются важнейшими принципами программирования урожаев сахарной свеклы.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ
НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Нарушение оптимального сочетания элементов питания коренным образом изменяет некоторые показатели продуктивности свеклы. Например, при избыточном внесении азота увеличивается доля листьев в общей биомассе. Соотношение корнеплодов и листьев достигает 1:1. Это приводит к тому, что на 1 ц продукции растения выносят 1,52 кг NPK вместо 1,24 кг при соотношении 1:0,7, что обычно наблюдается в современных посевах. Если в первом случае на 1 ц корнеплодов с соответствующим количеством ботвы выносятся 0,59 кг азота, 0,18 — фосфора и 0,75 кг калия, то во втором — соответственно 0,49; 0,15 и 0,6 (табл. 211).

210. Густота стояния растений сахарной свеклы в зависимости от урожайности и массы корнеплода, тыс. шт./га

Масса корне- плода, г	Программируемый урожай, ц/га											
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
250	100,0	120,0	140,0	160,0	180,0	200,0	220,0	240,0	260,0	280,0	300	320,0
260	96,1	115,4	134,6	153,8	173,1	192,3	211,5	230,8	250,0	269,2	288	307,6
270	92,6	111,1	129,6	148,1	166,7	185,2	203,7	222,2	240,7	259,3	278	296,3
280	89,3	107,1	125,0	142,9	160,7	178,6	196,4	214,3	232,1	250,0	268	285,7
290	86,2	103,4	120,7	137,9	155,2	172,4	189,6	206,9	224,1	241,4	259	275,9
300	83,3	100,0	116,7	133,3	150,0	166,7	183,3	200,0	216,7	233,3	250	266,7
310	80,6	96,8	112,9	129,0	145,2	161,3	177,4	193,5	209,7	225,8	242	258,1
320	78,1	93,7	109,4	125,0	140,6	156,2	171,9	187,5	203,1	218,7	234	250,0
330	75,8	90,9	106,1	121,2	136,4	151,5	166,7	181,8	197,0	212,1	227	242,4
340	73,5	88,2	102,9	117,6	132,3	147,1	161,8	176,5	191,2	205,9	220	235,3
350	71,4	85,7	100,0	114,3	128,6	142,9	157,1	171,4	185,7	200,0	214	228,6
360	69,4	83,3	97,2	111,1	125,0	138,9	152,8	166,7	180,5	194,4	208	222,2
370	67,6	81,1	94,6	108,1	121,6	135,1	148,6	162,2	175,7	189,2	203	216,2
380	65,8	78,9	92,1	105,3	118,4	131,6	144,7	157,9	171,0	184,2	197	210,5
390	64,1	76,9	89,7	102,6	115,4	128,2	141,0	153,8	166,7	179,5	192	205,1
400	62,5	75,0	87,5	100,0	112,5	125,0	137,5	150,0	162,5	175,0	187	200,0
410	61,0	73,2	85,4	97,6	109,8	121,9	134,1	146,3	158,5	170,7	183	195,1
420	59,5	71,4	83,3	95,2	107,1	119,1	131,0	142,9	154,8	166,7	179	190,5
												202,4
												214,3
												226,2
												238,1
												250,0
												263,2
												277,8
												294,1
												303,0
												312,5
												322,6
												333,3
												344,8
												357,1
												370,4
												384,6
												400,0

211. Вынос NPK урожаем сахарной свеклы при различии в урожае сахарной свеклы (при соотношении корнеплодов и ботвы 1:0,7)

Соотно- шение корнепло- дов и ботвы	Сумма частей, Σа	К _м на сухое вещество	К _м при содержа- нии 20% сухого вещества	Вынос на 1 ц корнеплодов, кг			Всего
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1:0,4	1,4	0,714	3,57	0,38	0,12	0,45	0,95
1:0,5	1,5	0,667	3,335	0,42	0,13	0,50	1,05
1:0,6	1,6	0,625	3,125	0,45	0,14	0,55	1,14
1:0,7	1,7	0,588	2,94	0,49	0,15	0,60	1,24
1:0,8	1,8	0,555	2,775	0,52	0,16	0,65	1,33
1:0,9	1,9	0,526	2,63	0,56	0,17	0,70	1,43
1:1,0	2,0	0,50	2,50	0,59	0,18	0,75	1,52

С уменьшением этого соотношения расход питательных веществ снижается до 0,38 кг азота, 0,12 — фосфора и 0,45 кг калия на 1 ц корнеплодов. Не учитывать этот фактор при программировании норм удобрений, значит заблаговременно нарушить условия минерального питания растений и оптимальное соотношение NPK в урожае.

С урожаем 500 ц/га корнеплодов сахарная свекла выносит 120 кг/га азота (500 ц/га · 0,24 кг/ц), 40 — фосфора (500 · 0,08) и 125 кг/га калия (500 ц/га · 0,25 кг/ц). Данному урожаю соответствует 350 ц/га ботвы (500 ц/га · 0,7), с которой отчуждается с поля 122,5 кг/га азота (350 ц/га · 0,35 кг/ц), 35 — фосфора (350 · 0,1) и 175 кг/га калия (350 ц/га · 0,50 кг/ц). Общий вынос NPK равен сумме выносов их с основной и побочной продукцией: азота — 242,5 кг/га, фосфора — 75 и калия — 300 кг/га. На 1 ц корнеплодов с соответствующим им количеством ботвы растениями при этом будет вынесено 0,49 кг азота (242,5 кг/га : 500 ц/га), 0,15 — фосфора (75 : 500) и 0,6 кг калия (300 кг/га : 500 ц/га) (табл. 212). Если принять азот за единицу, то соотношение N : P : K будет равно 1 : 0,306 : 1,224, т. е. на каждые 100 кг азота необходимо внести 30,6 кг фосфора и 122,4 кг калия, что может быть положено в основу расчета необходимых норм питательных веществ на запрограммированный урожай сахарной свеклы.

Например, программируется получить 500 ц/га корнеплодов. На каждые 100 ц/га корнеплодов по оптимальному соотношению питательных веществ в урожае выносятся 38,82 кг/га азота, 11,84 — фосфора и 49,34 кг/га калия (табл. 213). Общий вынос на 500 ц/га корнеплодов равен 194,1 кг/га азота (500 ц/га · 38,82 : 100), 59,2 — фосфора (500 · 11,84 : 100) и 246,7 кг/га калия (500 ц/га · 49,34 : 100). При содержании в почве 11,2 мг/100 г легкогидролизуемого азота, 8,4 — фосфора и 19,7 мг/100 г калия за счет элементов питания можно получить 206 ц/га корнеплодов по азоту (100,8 кг/га : 0,49 кг/ц), 169 — по фосфору (25,2 : 0,15) и 295 ц/га по калию

212. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае сахарной свеклы (при соотношении корнеплодов и ботвы 1:0,7)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в корнеплодах	0,24	0,08	0,25	0,57
в ботве	0,35	0,10	0,50	0,95
Вынос на 1 ц корнеплодов и соответствующее им количество ботвы, кг	0,49	0,15	0,60	1,24
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,0	0,306	1,224	2,530
фосфор » » 1	3,267	1,0	4,00	8,267
калий » » 1	0,817	0,25	1,0	2,067
в процентах	39,52	12,09	48,39	100

213. Нормы NPK на заданный урожай сахарной свеклы (500 ц/га корнеплодов), рассчитанные по соотношению элементов питания в урожае

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос NPK на 100 ц корнеплодов, кг/га	38,82	11,84	49,34
Вынос на заданный урожай (В _{ос}), кг/га	194,1	59,2	246,7
Содержится в почве (П), мг/100 г	11,2	8,4	19,7
Коэффициент перевода мг/100 г в кг/га (К _м)		30	
Наличие доступных для растений питательных веществ в почве (ПК _м), кг/га	336	252	591
Коэффициенты использования элементов питания почвы (К _п)	0,30	0,10	0,30
Возможный вынос NPK из почвы (В _п = ПК _м ·К _п), кг/га	100,8	25,2	177,3
Потребуется внести с минеральными удобрениями (В _{об} - В _п), кг/га	93,3	34,0	69,4
Коэффициент использования элементов питания туков в год внесения (К _у)	0,75	0,25	0,80
Норма NPK на заданный урожай (Д _{д.в} = В _{об} - В _п : К _у), кг/га	124	136	87

(177,3 кг/га : 0,6 кг/ц). Чтобы собрать остальную часть урожая, нужно внести с минеральными удобрениями 93,3 кг/га азота (194,1 - 100,8), 34,0 — фосфора (59,2 - 25,2) и 69,4 кг/га калия (246,7 кг/га - 177,3).

Для получения 500 ц/га корнеплодов на почвах со средней обеспеченностью азотом и фосфором, повышенной — калием необходимо внести N₁₂₄P₁₃₆K₈₇, или 347 кг/га NPK. При этом на 1 кг NPK туков можно собрать 79,8 кг корнеплодов [500 ц/га - (206 + 169 + 295) : 3 = 277 ц/га : 347 кг/га NPK].

Расчету необходимых норм NPK должно предшествовать определение возможных урожаев сахарной свеклы по эффективному плодородию почвы. Например, при содержании в почве легкогидролизуемого азота 15 мг/100 г и усвоении его растениями на 35% за счет этого элемента можно программировать урожай корнеплодов 321 ц/га (15 мг/100 г N·30 кг/га·0,35 : 0,49 кг/ц) (табл. 214). На высококультурных почвах, где обычно и размещают плантации сахарной свеклы, при наличии в них легкогидролизуемого азота 25 мг/100 г и 35%-ном усвоении за счет его можно собрать 536 ц/га корнеплодов (25 мг/100 г·30 кг/га·0,35 : 0,49 кг/ц), что в 1,67 раза больше, чем при содержании 15 мг/100 г. Если программируется получить 750 ц/га корнеплодов на орошаемых землях, то в первом случае норму азота рассчитывают на прибавку урожая 429 ц/га (750 - 321), во втором — только на 214 ц/га (750 - 536). Для получения 429 ц/га корнеплодов потребуется внести азота 280 кг/га (429 ц/га·0,49 кг/ц : 0,75), 214 ц/га корнеплодов — 140 кг/га азота (214 ц/га·0,49 кг/ц : 0,75).

Пользуясь данными таблиц 215—216, легко рассчитать необходимые нормы NPK на заданный урожай сахарной свеклы.

В зоне возделывания этой культуры слой пахотного горизонта черноземных и каштановых почв, а также сероземов составляет не менее 25 см. Для перевода содержания питательных веществ из мг/на 100 г почвы в кг/га пользуются коэффициентом К_м, равным 34. При этом в пищевой режим вовлекается больше питательных веществ, чем при слое почвы 0—22 см. Тогда необходимое количество элементов питания на заданный урожай окажется меньше, а эффективность средств химизации — выше. В слое 0—25 см черноземной почвы содержится 14,4 мг/100 г легкогидролизуемого азота, 10 — подвижного фосфора и 24 мг/100 г обменного калия. При К_м = 34 кг/га этим количествам питательных веществ соответствует 490 кг/га азота (14,4 мг/100 г·34 кг/га), 340 — фосфора (10·34) и 816 кг/га калия (24 мг/100 г·34 кг/га). При использовании азота на 31% за счет элемента может быть сформировано 310 ц/га (490 кг/га·0,31 : 0,49 кг/ц), на 13% фосфора — 295 (340·0,13 : 0,15) и на 23% калия — 354 ц/га (816 кг/га·0,23 : 0,6) корнеплодов. Если запрограммировано собрать 600 ц/га корнеплодов, потребуется рассчитать норму азота для получения прибавки урожая 290 ц/га (600 - 310), фосфора — 305 (600 - 295)

214. Возможный урожай сахарной свеклы в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота (при соотношении корнеплодов и ботвы 1:0,7), ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %															
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	37	39	40	42	44	46	48	49	51	53	55	57	59	61	62	64
4	49	51	54	56	59	61	64	66	66	68	71	73	76	81	83	86
5	61	64	67	70	73	77	80	83	86	89	92	95	98	101	104	107
6	73	77	81	84	88	92	95	99	103	106	110	114	117	121	125	128
7	86	90	94	98	103	107	111	116	120	124	128	133	137	141	146	150
8	98	103	108	113	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	166	171
9	110	116	121	127	132	138	143	149	154	160	165	171	176	182	187	193
10	122	128	135	141	147	153	159	165	171	177	184	190	196	202	208	214
11	135	141	148	155	162	168	175	182	188	195	202	209	215	222	229	236
12	147	154	162	169	176	183	191	198	206	213	220	228	235	242	250	257
13	159	167	175	183	191	199	207	215	223	231	239	247	255	263	271	278
14	171	180	188	197	206	214	223	231	240	248	257	266	274	283	291	300
15	184	193	202	211	220	230	239	248	257	266	275	285	294	303	312	321
16	196	206	215	225	235	245	255	264	274	284	294	304	313	323	333	343
17	208	218	229	239	250	260	271	281	291	302	312	323	333	343	354	364
18	220	231	242	253	264	275	286	297	308	319	331	342	353	364	375	386
19	233	244	256	267	279	291	302	314	326	337	349	361	372	384	395	407
20	245	257	269	282	294	306	318	331	343	355	367	379	392	404	416	428
21	257	270	283	296	308	321	334	347	360	373	386	398	411	424	437	450
22	269	283	296	310	323	337	350	364	377	391	404	417	431	444	458	471
23	282	295	310	324	338	352	366	380	394	408	422	436	451	465	479	493
24	294	308	323	338	353	367	382	397	411	426	441	455	470	485	499	514
25	306	321	337	352	367	383	398	413	428	444	459	474	490	505	520	536

215. Возможный урожай сахарной свеклы в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120
4	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160
5	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
6	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240
7	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280
8	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320
9	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360
10	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
11	110	132	154	176	198	220	242	264	286	308	330	352	374	396	418	440
12	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480
13	130	156	182	208	234	260	286	312	338	364	390	416	442	468	494	520
14	140	168	196	224	252	280	308	336	364	392	420	448	476	504	532	560
15	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
16	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	512	544	576	608	640
17	170	204	238	272	306	340	374	408	442	476	510	544	578	612	646	680
18	180	216	252	288	324	360	396	432	468	504	540	576	612	648	684	720
19	190	228	266	304	342	380	418	456	494	532	570	608	646	684	722	760
20	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800
21	210	252	294	336	378	420	462	504	546	588	630	672	714	756	798	840
22	220	264	308	352	396	440	484	528	572	616	660	704	748	792	836	880
23	230	276	322	368	414	460	506	552	598	644	690	736	782	828	874	920
24	240	288	336	384	432	480	528	576	624	672	720	768	816	864	912	960
25	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000

216. Возможный урожай сахарной свеклы в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содер- жанье калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %																								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25							
3	12	13	15	16	18	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	37							
4	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50							
5	20	22	25	27	30	32	35	37	40	42	45	47	50	52	55	57	60	62							
6	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75							
7	28	31	35	38	42	45	49	52	56	59	63	66	70	73	77	80	84	87							
8	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100							
9	36	40	45	49	54	58	63	67	72	76	81	85	90	94	99	103	108	112							
10	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125							
11	44	49	55	60	66	71	77	82	88	93	99	104	110	115	121	126	132	137							
12	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150							
13	52	58	65	71	78	84	91	97	104	110	117	123	130	136	143	149	156	162							
14	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	147	154	161	168	175							
15	60	67	75	82	90	97	105	112	120	127	135	142	150	157	165	172	180	187							
16	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	200							
17	68	76	85	93	102	110	119	127	136	144	153	162	170	178	187	195	204	212							
18	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216	225							
19	76	85	95	104	114	123	133	142	152	161	171	180	190	199	209	218	228	237							
20	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250							
21	84	94	105	115	126	136	147	157	168	178	189	199	210	220	231	241	252	262							
22	88	99	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	231	242	253	264	275							
23	92	103	115	126	138	149	161	172	184	195	207	218	230	241	253	264	276	287							
24	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	276	288	300							
25	100	112	125	137	150	162	175	187	200	212	225	237	250	262	275	287	300	312							

и калия — 246 ц/га (600—354). Вынос на прибавку урожая будет равен: 142,1 кг/га азота (290 ц/га·0,49 кг/ц), 45,7 — фосфора (305·0,15) и 17,6 кг/га калия (26 ц/га·0,6 кг/ц).

В таблице 217 приведен расчет норм NPK на запрограммированный урожай сахарной свеклы 600 ц/га.

Следовательно, для получения 600 ц/га корнеплодов нужно внести $N_{178}P_{130}K_{155}$, или в сумме 463 кг/га NPK. На 1 кг NPK туков можно получить 60,5 кг корнеплодов [600 ц/га — (310+295+354) : 3 = 280 ц/га : 463 кг/га NPK].

217. Расчет норм NPK на заданный урожай сахарной свеклы (расчетный слой почвы 0—25 см, $K_m = 34$ кг/га)

Показатель	N	P_2O_5	K_2O
Содержание в почве (П), мг/100 г	14,4	10,0	24,0
Заданный коэффициент использования NPK из почвы (K_p)	0,31	0,13	0,23
Возможный урожай по элементам минерального питания почвы ($U_{эф}$), ц/га	310	295	354
Урожай, который должен быть получен за счет питательных веществ туков ($U_{пр} = U_{прог} - U_{эф}$), ц/га	290	305	246
Вынос на 1 ц корнеплодов с соответствующим количеством ботвы (B_1), кг	0,49	0,15	0,60
Возможный вынос NPK на прибавку урожая ($B_{пр} = U_{пр}B_1$), кг/га	142,1	45,7	147,6
Коэффициент использования питательных веществ удобрений (K_y)	0,80	0,35	0,95
Нормы NPK на заданный урожай ($D_{д.в} = B_{пр} : K_y$), кг/га	178	130	155

При наличии картограмм обеспеченности почв элементами питания нормы NPK рассчитывают, используя коэффициенты эффективного плодородия почвы ($K_{эф}$), приведенные в таблице 218.

Например, сахарная свекла использует из черноземных почв при орошении 40% азота, 25 — фосфора и 33% калия. Этим показателям соответствуют коэффициенты эффективного плодородия почвы по азоту — 24,49, по фосфору — 50 и по калию — 16,5. На поле севооборота, где будут размещены плантации сахарной свеклы, содержится 14,5 мг азота, 8,8 — фосфора и 26,6 мг калия на 100 г почвы, что достаточно для получения 355 ц/га корнеплодов по азоту (24,49 ц/га·14,5 мг/100 г), 440 — по фосфору (50·8,8) и 439 ц/га — по калию (16,5 ц/га·26,6 мг/100 г). При программировании урожая корнеплодов 800 ц/га для получения прибавки урожая необходимо внести дополнительно с туками азота 445 ц/га (800—355), фосфора — 360 (800—440) и калия 361 ц/га (800—439).

218. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможного урожая сахарной свеклы

По азоту		По фосфору		По калию	
К _п , %	К _{эф} , ц/га	К _п , %	К _{эф} , ц/га	К _п , %	К _{эф} , ц/га
20	12,24	5	10	8	4,0
21	12,86	6	12	9	4,5
22	13,47	7	14	10	5,0
23	14,08	8	16	11	5,5
24	14,69	9	18	12	6,0
25	15,31	10	20	13	6,5
26	15,92	11	22	14	7,0
27	16,53	12	24	15	7,5
28	17,14	13	26	16	8,0
29	17,75	14	28	17	8,5
30	18,37	15	30	18	9,0
31	18,98	16	32	19	9,5
32	19,59	17	34	20	10,0
33	20,20	18	36	21	10,5
34	20,82	19	38	22	11,0
35	21,43	20	40	23	11,5
36	22,04	21	42	24	12,0
37	22,65	22	44	25	12,5
38	23,26	23	46	26	13,0
39	23,88	24	48	27	13,5
40	24,49	25	50	28	14,0
41	25,10	26	52	29	14,5
42	25,71	27	54	30	15,0
43	26,33	28	56	31	15,5
44	26,94	29	58	32	16,0
45	27,55	30	60	33	16,5

Если под зяблевую вспашку применяют перепревший навоз, то определяют количество урожая, которое может быть сформировано по питательным веществам навоза. Допустим, что под сахарную свеклу использовано 75 т/га навоза, в котором содержится 375 кг/га азота (75 т/га · 5 кг/т), 187,5 — фосфора (75 · 2,5) и 450 кг/га калия (75 т/га · 6 кг/т). Растения сахарной свеклы усваивают из перепревшего навоза в год его внесения 35% азота, 45% — фосфора и 60% калия. Возможный вынос из навоза составит: 131 кг/га азота (375 кг/га · 0,35), 84,4 — фосфора (187,5 · 0,45) и 270 кг/га калия (450 кг/га · 0,6), что достаточно для получения 267 ц/га корнеплодов по азоту (131 кг/га : 0,49 кг/ц), 563 — по фосфору (84,4 : 0,15) и 450 ц/га — по калию (270 кг/га : 0,6 кг/ц). За счет питательных веществ почвы и навоза можно собрать 622 ц/га корнеплодов по азоту (355 + 267), 1003 — по фосфору (440 + 563) и 889 ц/га — по калию (439 + 450). Следовательно, для получения 800 ц/га корнеплодов наряду с 75 т/га навоза потребовалось внести только 109 кг/га азота минеральных удобрений (табл. 219).

219. Расчет норм удобрений на заданный урожай орошаемой сахарной свеклы (800 ц/га) с использованием коэффициентов эффективного плодородия почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Используется из почвы (К _п) питательных веществ	0,40	0,25	0,33
Коэффициенты эффективного плодородия почвы (К _{эф} , см. табл. 218), ц/га	24,49	50,0	16,5
Содержится в почве элементов питания (П), мг/100 г	14,5	8,8	26,6
Возможный урожай за счет эффективного плодородия почвы (К _{эф} П = У _{эф}), ц/га	355	440	439
Внесено перепревшего навоза (Д _н), т/га		75,0	
Поступило питательных веществ с навозом, кг/га	375	187,5	450
Коэффициент использования питательных веществ навоза в год внесения (К _н)	0,35	0,45	0,60
Возможный вынос элементов питания из навоза (В _н), кг/га	131	84,4	270
Урожай, который может быть получен за счет питательных веществ навоза (У _н = В _н : В ₁), ц/га	267	563	450
Урожай по элементам питания почвы и навоза (У _{эф} + У _н), ц/га	622	1003	889
Урожай по программе (У _{прог}), ц/га		800	
Урожай, который должен быть получен за счет питательных веществ туков (У _у = У _{прог} - У _{эф} + У _у), ц/га	178	—	—
Вынос азота на прибавку урожая (У _у В ₁ = В _у), кг/га	87,2	—	—
Коэффициент использования азота туков в год внесения (К _у)	0,80	—	—
Норма азота на заданный урожай (Д _{д.а}), кг/га	109	—	—

Фактический урожай на данном участке составил 810 ц/га, в том числе за счет азота туков — 188 ц/га, с которым вынесено 92,1 кг/га азота (188 ц/га · 0,49 кг/ц). Из минеральных удобрений растения использовали 84,4% азота (92,1 кг/га : 109 кг/га · 100%).

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия удобрений (К_у) определяют по каждому полю севооборота по формуле

$$K_y = \frac{U_y B_y}{D_y} \quad (60)$$

Например, с заданным урожаем корнеплодов 500 ц/га растения выносят 245 кг/га азота ($500 \text{ ц/га} \cdot 0,49 \text{ кг/ц}$), в том числе урожаем 235 ц/га из почвы отчуждается 115 кг/га этого элемента питания ($235 \text{ ц/га} \cdot 0,49 \text{ кг/ц}$). При содержании азота в почве 12,2 мг/100 г запасы его составляют 336 кг/га, из которых растениями усваивается 31,4% ($115 \text{ кг/га} : 366 \text{ кг/га}$). Прибавкой урожая (U_y) 265 ц/га ($500 - 235$), которая должна быть получена за счет азота туков, из удобрений будет вынесено (B_y) 130 кг/га азота ($265 \text{ ц/га} \cdot 0,9 \text{ кг/ц}$), что при внесении (D_y) 150 кг/га азота туков обеспечит использование 86,7%:

$$K_y = \frac{265 \text{ ц/га} \cdot 0,49 \text{ кг/га}}{150 \text{ кг/га}} = 86,7\% \text{ N.}$$

Так же рассчитывают коэффициенты использования фосфора и калия. Для этого в таблице 220 приведены основные параметры, которые нужно учитывать при определении коэффициентов усвоения растениями NPK из туков и почвы.

220. Использование NPK из почвы и удобрений сахарной свеклой

Элемент питания	Содержание в почве		Норма NPK, кг/га	Вынос, кг/га			Использовано, %	
	мг/100 г	кг/га		всего	в том числе		из почвы	из туков
					из почвы	из туков		
N	12,2	366	150	245	115	130	31,4	86,7
P ₂ O ₅	9,0	270	94	75	41	33,6	15,3	28,0
K ₂ O	26,0	780	143	300	173	127	22,2	89,0

Использование растениями питательных веществ из почвы и удобрений определяется комплексом факторов, главными из которых являются климатические условия, тип почвы, степень ее окультуренности, биологические особенности сортов, потребность растений в питательных веществах, нормы удобрений, сроки и способы их внесения и др. В таблице 221 приведены ориентировочные коэффициенты использования питательных веществ минеральных и органических удобрений в год их внесения, которыми можно пользоваться в начале работ по обоснованию норм удобрений на запрограммированные урожаи полевых культур.

Получение запрограммированных урожаев сахарной свеклы при одновременном сохранении плодородия почв на прежнем уровне или при некотором его повышении может быть обеспечено внесением питательных веществ в количестве, равном или на 10—15% больше выноса их с заданным урожаем. Нормы удобрений можно постепенно снижать, но только в случае ежегодного получения высоких урожаев. Кроме того, при относительно высоком содержании в почве доступного для растений калия нельзя завы-

221. Коэффициенты использования питательных веществ минеральных и органических удобрений, %

Культура	Из минеральных			Из органических		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Пшеница озимая	60—85	20—40	65—95	25—35	35—50	55—70
Пшеница яровая	55—80	20—30	60—90	20—30	30—50	50—65
Рожь озимая	65—85	25—45	70—95	25—35	35—50	50—75
Ячмень	55—75	18—35	60—80	20—25	25—35	50—55
Овес	60—80	25—40	70—90	25—30	30—40	55—60
Кукуруза (зерно)	70—85	35—45	85—95	30—40	50—55	60—70
Сахарная свекла	75—85	35—45	85—95	35—45	45—55	65—70
Рис	75—85	35—45	85—95	—	—	—
Картофель	65—90	20—35	75—95	30—35	35—45	60—70
Кормовая свекла	75—85	30—45	80—90	35—40	40—50	60—65
Кукуруза (силос)	65—80	30—40	80—90	25—35	35—50	55—65
Люцерна (сено)	85—95	35—45	90—95	—	—	—
Многолетние травы (сено)	55—65	25—35	60—70	—	—	—

шать норму K₂O по сравнению с выносом его растениями, а наоборот, не снижая величины программируемого урожая, уменьшать ее на 20—25%. Нет необходимости повышать и норму азотных удобрений. Избыточное их внесение увеличивает урожай зеленой массы, приводит к излишним затратам туков, удорожанию продукции и снижению урожаев, особенно во влажные годы.

Избыточное внесение фосфора также отрицательно сказывается на экономике производства сахарной свеклы, приводит к уменьшению коэффициентов использования P₂O₅ из туков в результате закрепления его в почве и перехода в труднодоступные для растений формы.

С учетом этих положений рассчитаны необходимые нормы NPK на заданные урожаи сахарной свеклы (табл. 222). При этом учитывалось, что 55% урожая формируется за счет азота почвы, 60% фосфора и 75% — за счет калия почвы. Зная эти показатели, конкретно для условий хозяйства легко уточнить приведенные в таблице нормы. При внесении перепревшего навоза нормы туков снижают соответственно поступлению питательных веществ с органическим удобрением.

Контроль за использованием растениями питательных веществ в период вегетации также позволит уточнить нормы удобрений для каждого поля севооборота. По данным В. В. Церлинг, до смыкания рядков в листьях сахарной свеклы должно быть следующее оптимальное содержание NPK: азота — 5,2—5,5%, фосфора — 1,1—2,2 и калия — 5—7% от абсолютно сухой массы; после смыкания рядков — соответственно 4—4,4; 0,6—0,9 и 2,5—4,2%. Если в листьях растений установлено отклонение в содержании NPK от этих показателей, то срочно вносят недостающий элемент питания.

222. Нормы питательных веществ на заданные урожаи сахарной свеклы, кг/га

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай, ц/га						
		400	500	600	700	800	900	1000
N	III	110	138	165	193	220	248	275
	IV	100	128	155	183	210	238	265
	V	90	118	145	173	200	228	255
	VI	80	108	135	163	190	218	245
P ₂ O ₅	III	80	100	120	140	160	180	200
	IV	70	90	110	130	150	170	190
	V	60	80	100	120	140	160	180
	VI	50	70	90	110	130	150	170
K ₂ O	III	63	79	95	110	126	142	158
	IV	53	69	85	100	116	132	148
	V	43	59	75	90	106	122	138
	VI	33	49	65	80	96	112	128

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Технология получения 800 ц/га корнеплодов сахарной свеклы приведена в таблице 223.

223. Индустриальная технология возделывания сахарной свеклы урожайностью 800 ц/га и более

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Озимые пшеница, рожь, ячмень, кукуруза на зерно и силос, картофель, зернобобовые и овощные культуры
Основная обработка почвы	Лущение живья одновременно с уборкой предшественника или сразу после нее. Обработку лущильниками ЛДГ-10 проводят 1—3 раза: первую — на глубину 6—8, вторую — на 7—8 и третью — на 12—14 см Если поле засорено корнеотпрысковыми сорняками, для лущения используют лемешные лущильники ППЛ-10-25 с боронами БЗТС-1,0 или катками ЗККШ-6 в агрегате с трактором Т-150К. Глубина обработки — 12—14 см Агротехнические требования: равномерность глубины обработки по ширине захвата ± 1—2 см; количество незаделанной стерни — до 4%; число неподрезанных сорняков — не более 1,5 на 1 м²; огрехи между смежными проходами не допускаются; глубина впадин или высота гребней после обработки — не более 4 см

Продолжение

1	2
	Перепревший навоз (50 т/га) равномерно разбрасывают навозоразбрасывателем ПРТ-10 или ПРТ-16 в агрегате с трактором Т-150К или К-700. При отсутствии вымывания питательных веществ азот (190 кг/га), фосфор (135 кг/га) и калий (116 кг/га) вносят под зяблевую вспашку туко-разбрасывателями РТТ-4,2 в агрегате с трактором Т-150К+СП-11 Зяблевую вспашку проводят сразу же после внесения органических или минеральных удобрений на глубину 28—32 см плугами ПЯ-3-35 в агрегате с трактором Т-150К или ПТК-9-35 в агрегате с трактором К-701. Срок проведения — ранний; равномерность глубины пахоты ± 1—2 см; оборот пласта — полный; заделка растительных остатков, сорных растений, удобрений — не менее 95%; высота гребней — не более 5 см; огрехи, незаделанные борозды — не допускаются По мере появления сорняков культивация зяби на глубину 6—8 см культиватором КПС-4 с одновременным боронованием боронами БЗСС-1,0 в агрегате с трактором ДТ-75М или Т-150К На полях, засоренных корнеотпрысковыми сорняками, вносят 2,4-Д, корневидными — далапон или ТХАН с помощью ПОМ-300, ОПШ-15 или ПОУ в агрегате с трактором МТЗ-80 или МТЗ-82 В зимний период проводят двукратное снегозадержание снегозадержателем СВУ-2,6 в агрегате с трактором ДТ-75М Ранневесеннее боронование проводят как только верхний 3-сантиметровый слой почвы в зоне гребней крошится и не прилипает к рабочим органам. Глубина обработки — 2 см. Состав агрегата — 7-150К+СП-11+ШБ-2,5+ЗБП-0,6А или ЗОР-7. Срок проведения — день, но не более двух Предпосевную культивацию проводят при температуре почвы в слое 10 см 5—6 °С на глубину 3—4 см культиватором УСМК-5,4А или УСМК-5,4Б в агрегате с трактором ДТ-75М. Против злаковых и двудольных однолетних сорняков одновременно с культивацией необходимо опрыскивание гербицидами с использованием агрегатов ЮМЗ-6Л+АПЖ-12 или МТЗ-80+ПОУ Посев Семена высевают пунктирным способом сеялкой ССТ-12Б в агрегате с трактором Т-70С, когда почва в слое 6—8 см прогреется до температуры 7—8 °С. Глубина посева в зависимости от влагообеспеченности — 2,5—5 см. Норма высева семян со всхожестью 85—90% — 12—15 шт. на 1 пог. м ряда Одновременно с посевом в рядки вносят N₁₀P₁₅K₁₀ и гранулированные инсектициды

Продолжение

1	2
---	---

Уход за посе-
вами

На 4—5-й день после сева проводят сплошное рыхление почвы на глубину 2—2,5 см культиватором УСМК-5,4Б с ротационными рабочими органами одновременно с боронованием ЗБП-0,6А в агрегате с трактором Т-70С. Окончание рыхления — за 2—3 дня до появления всходов. Направление движения агрегата при рыхлении зубowymi боровами — под углом к направлению посева, а прореживателем УСМК-5,4К, оборудованным культиваторными граблями, — вдоль посева. Скорость движения с боровами — 6 км/ч, культиватором — 8 км/ч; уничтожение сорняков — соответственно 65—80% и 45—55%

В период появления всходов почву рыхлят в междурядьях. Культиватор УСМК-5,4Б оборудуют двойными 170-миллиметровыми защитными дисками или односторонними 85-миллиметровыми бритвами и ротационными рабочими органами для рыхления почвы в рядках. Глубина обработки почвы — 3 см; скорость движения агрегата — 4 км/ч; вырезание растений бритвами не допускается; засыпание и присыпание растений, а также повреждение их рабочими органами — не более 7%; уничтожение сорняков в зоне прохода лап-бритв — 100%, в защитной зоне рядков — не менее 40%

Сплошное рыхление почвы проводят в фазу хорошо развитой вилочки — в начале образования 1—2 пар настоящих листьев. Глубина обработки — до 3 см; скорость движения агрегата, укомплектованного зубowymi боровами, — не более 3,5 км/ч, ротационными рабочими органами — до 7 км/ч; прореживание всходов — до 20%

Механизированное формирование густоты стояния растений заканчивают за 5—6 дней. Вдольрядный прореживатель УСМК-5,4К или культиватор УСМК-5,4А, оборудованный лапами-бритвами, в агрегате с трактором Т-70С, двигаясь соответственно со скоростью 8 и 5 км/ч, на 1 пог. м сохраняют 6—7 растений, из которых после ручной проверки оставляют 5—6. Букетировку проводят в течение 9—10 дней

Продольные рыхления междурядий выполняют культиватором УСМК-5,4А в агрегате с трактором Т-70С: первое рыхление — на глубину 5—6 см сразу вслед за прореживанием растений; второе — на глубину 10—12 см; третье — сочетают с окучиванием специальными бритвами с перьями-окучниками. Рыхление сочетают с подкормками макро- и микроудобрениями. Требование к качеству работ: сохранение растений, выдерживание глубины обработки, максимальное уничтожение сорной растительности

Борьбу с сорняками, вредителями и болезнями проводят по плану СТЗРа (табл. 224)

Уборка

Убирают свеклу шестирядными свеклоуборочными машинами БМ-6 и КС-6 раздельным поточно-перевалочным и поточным способами при групповом использовании техники

224. Интегрированная система защиты сахарной свеклы от вредителей, болезней и сорняков

Фаза развития	Комплекс мероприятий
1	2
Осенний период	Против пырея и свинороя при их отрастании, но не позднее второго листа, опрыскивание далапоном — 8—10 кг/га или ТХА-14 кг/га При наличии всех видов осота и других видов широколиственных многолетних сорняков опрыскивание 40%-ной аминной солью 2,4-Д — 5—7,5 кг/га с последующей глубокой вспашкой плугами с предплужниками в агрегате с катками или боровами
Ранневесенний период	Для борьбы с однолетними однодольными и двудольными сорняками внесение в почву ТХА+пирамин — 7+5 кг/га, или ТХА+ленацил — 7+1,5—2 кг/га, или пирамин+ронит — 5+5,3 кг/га с немедленной их заделкой
Посев	Против почвообитающих вредителей (проволочники), личинок хрущей и хлебных жуков, корневая внесение в рядки при посеве инсектицидов: фосфамид гранулированный — 100—150 кг/га, 2%-ный гранулированный гамма-изомер ГХЦГ — 50 кг/га или 25%-ный ГХЦГ на фосфоритной муке — 6—8 кг/га
После посева	Для предотвращения развития гнили сердечка и сухой гнили корня используют при посеве совместно с минеральными удобрениями бор — 0,3—0,6 кг/га или борнодоломитовый суперфосфат — 50 кг/га
Через 4—5 дней после посева	Для интенсивного привлечения мухи тауматомии, уничтожающей корневую тлю, сразу же после завершения сева обсев плантаций свеклы защитными полосами шириной 7,2—10,8 м из вики, гречихи или суданки
Всходы — 2—3 пары настоящих листьев	Для уничтожения белых «ниточек» и проростков сорняков внесение почвенных гербицидов с равномерным распределением их и заделкой легкими или средними зубowymi боровами Против свекловичной блошки (1 жук на 4—5 растений в фазу вилочки), а также крошки (20 жуков на 1 м рядка) опрыскивание 40%-ным фосфамидом — 1 кг/га Против долгоносиков (0,2 жука на 1 м ²) обработка плантации 50%-ным гамма-изомером ГХЦГ — 2—2,5 кг/га, 35%-ным фозалоном — 3—3,5 кг/га, 20%-ным фталофосом — 4,5—5 кг/га, дилором — 1,5—2 кг/га, 50%-ным волатоном — 2,5 кг/га, 40%-ным лебайцидом — 3—3,5 кг/га, 40%-ным базудином — 2,5 кг/га, или 40%-ным метафосом — 1 кг/га, или их смесями при половинных нормах расхода. Первую обработку проводят в начале появления всходов преимущественно на краевых полосах, последующие (1—2) — по мере необходимости на всей площади. Расход рабочего раствора — 25—50 л/га

Продолжение

1	2
3 пары настоящих листьев — формирование густоты насаждений	Обработка защитной зоны бетаналом — 3 л/га при засорении преимущественно двудольными сорняками или лонтрелом — 0,3 л/га при наличии осота, ромашки и василька синего с одновременной междурядной обработкой Опрыскивание посевов сахарной свеклы против листовой тли, паутинного клеща и других сосущих вредителей, минирующей мухи, переносчиков вирусной желтухи и мозаики 50%-ным волатоном — 0,8 кг/га, 40%-ным фосфамидом — 0,75—1 кг/га, антио — 1,6 кг/га, 70%-ным сайфосом — 0,6—0,8 кг/га или 50%-ным карбофосом — 0,8—1 кг/га; против мухи также применяют 80%-ный хлорофос — 1,2—1,6 кг/га. Расход рабочей жидкости — 100 л/га После формирования густоты стояния растений при появлении гнили сердечка и сухой гнили корнеплодов посевы подкармливают 0,5%-ным раствором борной кислоты. Расход рабочей жидкости — 200 л/га Против пятнистости листьев (церкоспороза) профилактическое опрыскивание посевов 80%-ным купрозаном — 2,4—3,2 кг/га или 90%-ной хлорокисью меди — 3,2—4 кг/га, бордоской жидкостью — 6—8 кг/га медного купороса + 6—9 кг/га негашеной извести. Расход рабочей жидкости при авиаопрыскивании — 100 л/га, при наземном — 300 л/га. Это мероприятие осуществляют в конце июня — начале июля при появлении церкоспороза и повторно через 15—20 дней При появлении мучнистой росы и наличии церкоспороза обработка сахарной свеклы — равномерное покрытие суспензией фунгицида поверхности листьев растений — коллоидной серой или смачивающим порошком серы — 6 кг/га, молотой серой — 15 кг/га. Расход рабочего раствора при авиаопрыскивании — 50 л/га, при наземном — 300 л/га. Срок проведения — июль и через 15—25 дней, если заметно нарастание болезни При одновременном развитии церкоспороза и других болезней посевы опрыскивают, добавляя в суспензию 80%-ный купрозан — 3,2 кг/га Для уничтожения яиц совок, лугового мотылька во время откладки яиц выпускают трихограмму, разделив расчетную норму ее на 3 (50, 30 и 20%) или 4 (20, 30, 30 и 20%) части с интервалом 3—4 дня, равномерно распределяя по зараженным участкам Для борьбы с гусеницами листогрызущих (10 шт/м²) или подгрызающих (2 шт/м²) совок, лугового мотылька первого поколения (5 шт/м²) и второго (6 шт/м²) посевы опрыскивают 80%-ным хлорофосом — 1,5—2 кг/га, 50%-ным волатоном — 1,5 кг/га, 35%-ным фозалоном — 3 кг/га, энтобактерином — 3 кг/га или битоксибациллином — 2 кг/га. Обработка эффективна против гусениц младших и средних (1—2-го) возрастов. Расход жидкости — не менее 100 л/га. Его совмещают с опрыскиванием против листовой тли, клеща

Продолжение

1	2
	Против нимф и куколок листогрызущих и подгрызающих совок, лугового мотылька, личинок долгоносиков, проволочников последнего года жизни, пластинчатоусых эффективны междурядные рыхления: первое — пропашными культиваторами на глубину 4—5 см, второе — в фазу 2—3 листьев, последующие — по мере появления сорняков, уплотнения почвы, особенно после осадков и орошения Против гусениц свекловичной минирующей моли 3-го и 4-го поколений при заселении 25—30 растений с численностью 4—5 гусениц на одно растение посевы опрыскивают 80%-ным хлорофосом — 1—2,5 кг/га, метатионом — 0,6—1,2 кг/га, 20%-ным фталофосом — 2,5—5 кг/га, 50%-ным карбофосом — 0,6—1,2 кг/га или 50%-ным гамма-изомером ГХЦГ — 0,8 кг/га. Расход рабочей жидкости — не менее 200 л/га. Эффективно применение штанговых опрыскивателей, распылители которых направляют по рядкам так, чтобы капли жидкости стекали в пазухи листьев

КОРМОВАЯ СВЕКЛА

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

Кормовая свекла по сравнению с другими кормовыми культурами обеспечивает наибольший сбор питательных веществ с единицы площади. Однако она является самым дорогим кормом и поэтому программирование и получение оптимально возможных урожаев кормовой свеклы позволяет резко увеличить рентабельность кормопроизводства и усвоение солнечной энергии посевами.

Из многочисленных факторов, влияющих на рост и развитие кормовой свеклы (содержание CO₂ в воздухе, сумма активных температур, водный режим, минеральное питание), солнечная радиация — наиболее трудно регулируемый фактор. Поэтому учет прихода ФАР и разработка комплекса агротехнических приемов возделывания культуры с высоким коэффициентом использования энергии имеют важное значение.

По сравнению с зерновыми культурами, картофелем, кукурузой на силос, многолетними травами и вико-овсяной смесью на зеленую массу кормовая свекла имеет значительно меньший энергетический показатель. Калорийность ее составляет (ккал/кг): целого растения — 3845, основной продукции — 3847, побочной — 3840.

В зависимости от почвенно-климатических условий возделывания и сроков начала использования на корм за период вегетации этой культуры приход ФАР составляет 25—36 ккал/см², или 2,5—

225. Возможный урожай кормовой свеклы в зависимости от прихода ФАР и использования ее посевами, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %																
	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,45	4,50
25,0	155	232	309	386	434	541	619	696	773	851	867	1005	1083	1160	1237	1315	1392
25,5	158	237	315	394	473	552	631	710	786	868	896	1025	1104	1183	1262	1341	1420
26,0	161	241	322	402	482	563	643	724	804	885	965	1045	1126	1206	1287	1367	1448
26,5	164	246	328	410	492	574	656	738	819	902	983	1066	1148	1230	1311	1393	1475
27,0	167	250	334	417	501	585	668	752	835	919	1002	1086	1169	1253	1336	1420	1503
27,5	170	255	340	425	510	595	680	766	851	936	1021	1106	1191	1276	1361	1446	1531
28,0	173	260	346	433	520	606	693	779	866	953	1039	1126	1212	1299	1386	1472	1559
28,5	176	264	353	441	529	617	705	793	881	970	1058	1146	1234	1322	1410	1499	1587
29,0	179	269	359	448	538	628	718	807	897	987	1076	1166	1256	1346	1435	1525	1615
29,5	182	273	365	456	547	639	730	821	912	1004	1095	1186	1277	1369	1460	1551	1642
30,0	185	278	371	464	557	649	742	835	928	1021	1113	1206	1299	1392	1485	1577	1670
30,5	189	293	377	472	568	660	755	849	943	1038	1136	1226	1321	1415	1509	1604	1698
31,0	192	288	383	479	575	671	767	863	959	1055	1151	1247	1342	1438	1534	1630	1726
31,5	195	292	390	487	584	682	779	877	974	1072	1169	1267	1364	1462	1559	1656	1754
32,0	198	297	396	495	594	693	792	891	990	1089	1188	1287	1386	1485	1584	1683	1782
32,5	201	301	402	503	603	704	804	905	1005	1106	1206	1307	1407	1508	1608	1709	1810
33,0	204	306	408	510	612	714	816	919	1021	1123	1225	1327	1429	1531	1633	1735	1837
33,5	207	311	414	518	622	725	829	933	1038	1140	1243	1347	1451	1554	1658	1762	1865
34,0	210	315	421	526	631	736	841	947	1053	1157	1262	1367	1472	1578	1682	1788	1893
34,5	213	320	427	534	640	747	854	960	1067	1174	1280	1387	1494	1601	1707	1814	1921
35,0	216	325	433	541	649	758	866	974	1083	1191	1299	1407	1516	1614	1732	1840	1949
35,5	220	329	439	549	659	769	878	988	1098	1208	1318	1427	1537	1647	1757	1867	1977
36,0	223	334	445	557	668	779	891	1002	1113	1225	1336	1448	1559	1670	1782	1893	2004

3,6 млрд. ккал/га ФАР, что достаточно для получения от 155 (при усвоении 0,5% ФАР) до 2004 (при использовании 4,5% ФАР) ц/га корнеплодов (табл. 225).

При расчетах принято, что на 1 ц корнеплодов приходится в среднем 0,4 ц ботвы. Такому соотношению соответствует $K_m=0,714$ (1:1,4) при определении общей сухой биомассы и $K_m=4,76$ (0,714:15%·100%) при расчете возможного урожая корнеплодов с содержанием в них 15% сухого вещества. Например, в условиях Нечерноземной зоны за период с третьей декады апреля до 1 октября аккумулируется 2,5% ФАР, и возможный урожай корнеплодов составит 1005 ц/га. Возможный урожай кормовой свеклы определяют по формуле (17):

$$Y_T = 10^4 \cdot 2,5\% \cdot 4,76 \frac{32,5 \text{ ккал/см}^2}{3847 \text{ ккал/кг}} = 1005 \text{ ц/га.}$$

При утилизации 6% ФАР потенциальный урожай может достичь 2412 ц/га.

Дальнейшая работа по изысканию специальных приемов воздействия на активность фотосинтетического аппарата кормовой свеклы, по введению в культуру сортов, обладающих высокой активностью и способных формировать совершенные по структуре посевы, может повысить коэффициент использования ФАР до 7—9% и получать урожай 3000—4000 ц/га корнеплодов:

$$\eta = \frac{4000 \text{ ц/га} \cdot 3847 \text{ ккал/кг}}{10^4 \cdot 4,76 \cdot 36 \text{ ккал/см}^2} = 9,98\% \text{ ФАР.}$$

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И УРОЖАЙ

Различная влагообеспеченность посевов обуславливает сбор более низких урожаев, чем по приходу ФАР. Например, при наличии 400 мм (40 тыс. ц/га) продуктивной для растений влаги в почве и расходе 300 ц воды на образование 1 ц абсолютно сухой биомассы возможный урожай составит 133,3 ц сухой биомассы (40 тыс. ц/га воды:300 ц), или 888,7 ц/га органической массы в случае содержания в корнеплодах и листьях 85% влаги (133,3 ц/га:15%·100%). Соотношению основной продукции и побочной, равному 1:0,4 (или 1,4 части), при 400 мм влаги соответствует урожай корнеплодов 635 ц/га (888,7 ц/га·1,4) (табл. 226).

Переход от возможных урожаев абсолютно сухой биомассы к сбору корнеплодов лучше осуществлять с использованием $K_m=4,76$ при соотношении основной и побочной продукции 1:0,4 по формуле (19). Например, если в почве содержится 600 мм продуктивной влаги и коэффициент водопотребления составляет 300, то урожай сухой биомассы равен 200 ц/га (600:300·10²), а корнеплодов

$$Y_T = 200 \text{ ц/га} \cdot 4,76 = 952 \text{ ц/га.}$$

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	1068	93 633	281	374	468	562	655	749
25	1113	89 847	269	359	449	539	629	719
26	1157	86 430	259	346	432	518	605	691
27	1202	83 195	249	333	416	499	582	665
28	1246	80 257	241	321	401	481	562	642
29	1291	77 460	232	310	387	465	542	620
30	1336	74 850	224	299	374	449	524	599
31	1380	72 464	217	290	362	435	507	580
32	1424	70 225	211	281	351	421	491	562
33	1469	68 073	204	272	340	408	476	544
34	1514	66 050	198	264	330	396	462	528
35	1558	64 185	192	257	321	385	449	513
36	1602	62 422	187	250	312	374	437	499
37	1647	60 710	182	243	303	364	425	486
38	1692	59 101	177	236	295	355	414	473
39	1736	57 603	173	230	288	346	403	461
40	1780	56 180	168	225	281	337	393	449

В засушливые годы продуктивность кормовой свеклы может резко снизиться. В мае — июне при оптимальной, иногда несколько избыточной, влажности почвы посевы формируют мощную надземную массу и слаборазвитую корневую систему. Последующая засуха оказывает губительное действие на растения: листья засыхают, рост корнеплода приостанавливается, урожай падает.

Отрицательное влияние засухи уменьшают приемами агротехники, но полностью устранить его можно только при орошении.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

В отличие от зерновых культур кормовая свекла использует основные элементы питания в иных соотношениях и в значительно больших количествах. Потребление NPK наблюдается в течение всего вегетационного периода, хотя интенсивность использования элементов меняется в процессе развития растений (табл. 228).

В средневлажные годы к моменту уборки урожая содержание азота в растениях снижается на 20% от общего его потребления, фосфора — на 15 и калия — на 25% за счет вымывания питательных веществ осадками, конденсационной влагой и отмирания части листьев. Фактический вынос элементов оказывается значительно ниже потребленного количества NPK (табл. 229).

Знание количества используемых растениями питательных веществ в течение периода вегетации позволяет наиболее правильно распределить NPK в подкормки — в соотношении, наиболее отвечающем биологическим особенностям кормовой свеклы. Хотя к

228. Потребление питательных веществ и их соотношение в урожае кормовой свеклы (500 ц/га корнеплодов)

Элемент питания	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Всего
кг/га						
Азот	2	49	94	52	25	222
Фосфор	1	9	27	13	14	64
Калий	2	42	119	72	45	280
% от общего поступления питательных веществ за месяц						
Азот	0,90	22,07	42,34	23,43	11,26	100
Фосфор	1,56	14,06	42,19	20,31	21,88	100
Калий	0,72	15,00	42,50	25,71	16,07	100
Соотношение NPK (фосфор принят за единицу)						
Азот	2,0	5,44	3,48	4,00	1,79	3,47
Фосфор	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Калий	2,0	4,67	4,41	5,54	3,21	4,39
Соотношение NPK, % от общего поступления за месяц						
Азот	40,0	49,0	39,17	37,96	29,76	39,22
Фосфор	20,0	9,0	11,25	9,49	16,67	11,31
Калий	40,0	42,0	49,58	52,55	53,57	49,47

229. Потребление и вынос питательных веществ кормовой свеклой

Элемент питания	Потреблено, кг/га	Выщелочено из растений		Внесено с урожаем	
		%,	кг/га	кг/га	кг/ц
Азот	222	20	44	178	0,35
Фосфор	64	15	10	54	0,11
Калий	280	25	70	210	0,42

уборке часть питательных веществ вымывается из растений и соотношение NPK оказывается иным ($N:P:K=3,09:1,00:3,82$), показатели выноса на 1 ц основной продукции можно использовать при расчете необходимых норм NPK на запрограммированный урожай. При этом необходимо учитывать соотношение между корнеплодами и надземной массой в конкретных почвенно-климатических условиях. Соотношению 1:0,5 соответствует вынос 0,34 кг азота, 0,11 — фосфора и 0,42 кг калия, а 1:1 — соответственно 0,9; 0,15 и 0,52 кг (табл. 230). Если масса ботвы составляет 50% массы корнеплодов, то на каждые 100 кг выноса питательных веществ приходится 39,08 кг азота (0,3 кг/ц $N:0,87$ кг/ц $NPK \cdot 100\%$), 12,65 — фосфора (0,11:0,87·100) и 48,27 кг калия (0,42 кг/ц $K_2O:0,87$ кг/ц·100%) (табл. 231).

230. Вынос питательных веществ кормовой свеклой при различном соотношении основной и побочной продукции в биомассе

Соотношение корнеплодов и ботвы	Сумма частей, Σa	K_m		Вынос на 1 ц корнеплодов, кг			
		на сухое вещество	при содержании 15% сухого вещества	N	P_2O_5	K_2O	всего
1:0,4	1,4	0,714	4,76	0,31	0,102	0,40	0,812
1:0,5	1,5	0,667	4,45	0,34	0,11	0,42	0,87
1:0,6	1,6	0,625	4,17	0,37	0,118	0,44	0,928
1:0,7	1,7	0,588	3,92	0,40	0,126	0,46	0,986
1:0,8	1,8	0,555	3,70	0,43	0,134	0,48	1,044
1:0,9	1,9	0,526	3,51	0,46	0,142	0,50	1,102
1:1,0	2,0	0,50	3,33	0,49	0,15	0,52	1,16

231. Содержание, вынос и соотношение питательных веществ в урожае кормовой свеклы (при соотношении корнеплодов и ботвы 1:0,5)

Показатель	N	P_2O_5	K_2O	Всего
Содержание NPK, %:				
в корнеплодах	0,19	0,07	0,32	0,58
в ботве	0,30	0,08	0,20	0,58
Вынос на 1 ц корнеплодов и соответствующее ему количество ботвы, кг	0,34	0,11	0,42	0,87
Соотношение NPK в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,0	0,324	1,235	2,559
фосфор » » 1	3,91	1,0	3,818	7,909
калий » » 1	0,809	0,262	1,0	2,071
в процентах	39,08	12,65	48,27	100

При усвоении из удобрений 60% азота, 25 — фосфора и 70% калия для правильного соотношения NPK в питании растений нужно внести 65,13 кг/га азота (39,08 кг/га:0,6), 50,6 — фосфора (12,65:0,25) и 68,96 кг/га калия (48,27 кг/га:0,7), или 184,69 кг/га NPK. С учетом коэффициентов усвоения питательных веществ из туков на 1 ц корнеплодов растения выносят 0,57 кг азота (0,34 кг/ц:0,6), 0,44 — фосфора (0,11 кг/ц:0,25) и 0,6 кг калия (0,42 кг/ц:0,7), или в сумме 1,61 кг NPK. Для получения заданного урожая корнеплодов 600 ц/га необходимо 342 кг/га азота (600 ц/га·0,57 кг/ц), 26 — фосфора (600·0,44) и 360 кг/га калия

(600 ц/га·0,6 кг/ц). При содержании в почве 14 мг/100 г легкогидролизуемого азота и усвоении его растениями на 25% можно получить 300 ц/га корнеплодов (табл. 232). Содержанию 9 мг/100 г доступного фосфора и использованию его из почвы на 7% соответствует сбор 145 ц/га корнеплодов (табл. 233). При 12%-ном усвоении калия и содержании его 16 мг/100 г почвы можно получить 137 ц/га корнеплодов (табл. 234). Если под посевы кормовой свеклы вносят навоз, то часть урожая сформируется за его счет. Например, при использовании навоза в норме 30 т/га запасы питательных веществ почвы пополняются азотом на 150 кг/га (30 т/га·5 кг/т N), фосфором — на 75 (30·2,5) и калием — на 180 кг/га (30 т/га·6 кг/т K_2O), при усвоении которых растениями может быть вынесено 45 кг/га азота (150 кг/га·0,3), 30 — фосфора (75·0,4) и 108 кг/га калия (180 кг/га·0,6). Этого количества питательных веществ навоза достаточно для получения 75 ц/га корнеплодов за счет азота (45 кг/га:0,57 кг/ц), 70 — за счет фосфора (30:0,44) и 180 ц/га за счет калия (108 кг/га:0,6 кг/ц). По элементам минерального питания почвы и навоза можно программировать по азоту 375 ц/га (300+75), по фосфору — 215 (145+70) и по калию — 317 ц/га (137+180) корнеплодов (табл. 235).

Следовательно, при данных показателях почвы и использовании 30 т/га навоза под урожай 600 ц/га корнеплодов нужно внести 467 кг/га NPK. На 1 кг NPK туков можно получить 64 кг корнеплодов [(225 ц/га+385 ц/га+238 ц/га):3:467 кг/га NPK].

Особенно необходимо совместное внесение органических и минеральных удобрений на недавно освоенных дерново-подзолистых почвах с сильно выраженной оподзоленностью, где одни минеральные удобрения малоэффективны.

Хорошие результаты получают при расчете необходимых норм удобрений с помощью коэффициентов эффективного плодородия почв (табл. 236).

При содержании в почве легкогидролизуемого азота 12 мг/100 г и использовании его растениями на 28% ($K_{эф}=24$ ц/га) возможный урожай корнеплодов составляет 288 ц/га (12 мг/100 г·24 ц/га). Коэффициенту усвоения фосфора из почвы, равному 20%, соответствует $K_{эф}=46,1$ ц/га. При наличии в почве доступного для растений фосфора 6,5 мг/100 г можно получить 300 ц/га корнеплодов (6,5 мг/100 г·46,1 ц/га). Усвоению 33% калия из почвы соответствует $K_{эф}=23,57$ ц/га. На богатых калием почвах (30 мг/100 г) возможный урожай корнеплодов равен 707 ц/га (30 мг/100 г· $K_{эф}$ ·23,57 ц/га). Если запрограммировано получить 550 ц/га корнеплодов, потребуется внести азота на прибавку 262 ц/га (550–288), фосфора — 250 (550–300), а применять калий нет необходимости.

В случае программирования урожаев кормовой свеклы учитывают, что при низком содержании питательных веществ в почве необходимо полностью обеспечивать потребность в них растений

232. Возможный урожай кормовой свеклы в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, ц/га

Содержание азота, мг/100 г почвы	Коэффициент использования азота, %																				
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
3	51	54	56	59	62	64	67	69	72	74	77	80	82	85	87	90	92	95	98	100	103
4	68	72	75	79	82	86	89	92	96	99	103	106	110	113	116	120	123	127	130	134	137
5	86	90	94	98	103	107	111	116	120	124	128	133	137	141	146	150	154	158	163	167	171
6	103	108	113	118	123	128	134	139	144	149	154	159	164	170	175	180	185	190	195	200	206
7	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	192	198	204	210	216	222	228	234	240
8	137	144	151	158	164	171	178	185	192	199	206	212	219	226	233	240	247	254	260	267	274
9	154	162	170	177	185	193	200	208	216	224	231	239	247	254	262	270	278	285	293	301	308
10	171	180	189	197	206	214	223	231	240	248	257	266	274	283	291	300	308	317	326	334	343
11	189	198	207	217	226	236	245	254	264	273	283	292	302	311	320	330	339	349	358	368	377
12	206	216	226	236	247	257	267	278	288	298	308	319	329	339	350	360	370	380	391	401	411
13	223	234	245	256	267	278	290	301	312	323	334	345	356	368	379	390	401	412	423	434	446
14	240	252	264	276	288	300	312	324	336	348	360	372	384	396	408	420	432	444	456	468	480
15	257	270	283	296	308	321	334	347	360	373	386	398	411	424	437	450	463	476	488	501	514
16	274	288	302	315	329	343	356	370	384	398	411	425	439	452	466	480	494	507	521	535	548
17	291	306	321	335	350	364	379	393	408	422	437	452	466	481	495	510	524	539	554	568	583
18	308	324	339	355	370	386	401	416	432	447	463	478	494	509	524	540	555	571	586	602	617
19	326	342	358	374	391	407	423	440	456	472	488	505	521	537	554	570	586	602	619	635	651
20	343	360	377	394	411	428	446	463	480	497	514	531	548	566	583	600	617	634	651	668	686
21	360	378	396	414	432	450	468	486	504	522	540	558	576	594	612	630	648	666	684	702	720
22	377	396	415	434	452	471	490	509	528	547	566	584	603	622	641	660	679	698	716	735	754
23	394	414	434	453	473	493	512	532	552	572	591	611	631	650	670	690	710	729	749	769	788
24	411	432	452	473	494	514	535	555	576	596	617	638	658	679	699	720	740	761	782	802	823
25	428	450	471	493	514	536	557	578	600	621	643	664	686	707	728	750	771	793	814	836	857

233. Возможный урожай кормовой свеклы в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
3	35	41	48	55	62	69	76	83	90	97	104	111	118	125	131	139			
4	46	55	65	74	83	92	101	111	120	129	138	148	157	166	175	185			
5	58	69	81	92	104	115	127	138	150	161	173	185	196	208	219	231			
6	69	83	97	111	125	139	152	166	180	194	208	221	235	249	263	277			
7	81	97	113	129	145	161	178	194	210	226	242	258	275	291	307	323			
8	92	111	129	148	166	185	203	221	240	258	277	295	314	332	351	369			
9	104	125	145	166	187	208	228	249	270	291	312	332	353	374	395	416			
10	115	138	161	185	208	231	254	277	300	323	346	369	392	415	438	461			
11	127	152	178	203	228	254	279	305	330	355	381	406	431	457	482	508			
12	139	166	194	221	249	277	305	332	360	388	416	443	471	498	526	555			
13	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600			
14	161	194	226	258	291	323	355	387	420	452	485	517	549	581	614	646			
15	173	208	242	277	311	347	381	415	450	484	520	554	588	623	658	693			
16	185	221	258	295	332	369	406	443	480	517	554	591	628	665	701	738			
17	196	235	275	314	353	392	431	471	510	549	588	628	667	706	745	785			
18	208	249	291	332	374	416	457	498	540	581	624	665	706	748	789	832			
19	219	263	307	351	395	438	482	526	570	614	658	701	745	789	833	877			
20	231	277	323	369	415	461	508	554	600	626	692	738	785	831	877	923			
21	242	291	339	388	436	485	533	581	630	678	728	775	824	872	921	971			
22	254	305	355	406	457	508	558	609	660	711	761	812	863	914	965	1015			
23	265	318	371	425	478	531	584	637	690	743	796	849	902	955	1008	1061			
24	277	332	388	443	498	555	609	665	720	775	831	886	941	997	1052	1109			
25	288	346	404	461	519	577	635	692	750	808	865	923	981	1038	1096	1154			

234. Возможный урожай кормовой свеклы в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент усвоения калия, %											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3	17	19	21	23	26	28	30	32	34	36	38	41
4	23	26	28	31	34	37	40	43	46	48	51	54
5	28	32	36	39	43	46	50	53	57	61	64	68
6	34	38	43	47	51	56	60	64	68	73	77	81
7	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
8	46	51	57	63	68	74	80	86	91	97	103	108
9	51	58	64	71	77	83	90	96	103	109	116	122
10	57	64	71	78	86	93	100	107	114	121	129	136
11	63	71	78	86	94	102	110	118	126	133	141	149
12	68	77	86	94	103	111	120	128	137	146	154	163
13	74	83	93	102	111	121	130	139	148	158	167	176
14	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
15	86	96	103	114	123	133	143	153	163	173	183	193
16	91	103	114	126	137	148	160	171	183	194	206	217
17	97	109	121	133	146	158	170	182	194	206	219	231
18	103	116	128	141	154	167	180	193	206	218	231	244
19	108	122	136	149	163	176	190	203	217	231	244	258
20	114	128	143	157	171	186	200	214	229	243	257	271
21	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285
22	126	141	157	173	188	204	220	236	251	267	283	298
23	131	148	164	181	197	213	230	246	263	279	296	312
24	137	154	171	188	206	223	240	257	274	291	309	326
25	143	161	178	196	214	232	250	268	286	303	321	339
26	148	167	186	204	223	241	260	278	297	316	334	353
27	154	173	193	212	231	250	270	289	309	328	347	366
28	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
29	166	186	207	228	248	269	290	311	331	352	373	393
30	171	193	214	236	257	278	300	321	343	364	386	408

235. Расчет норм NPK на заданный урожай корнеплодов кормовой свеклы (600 ц/га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Содержание в почве (П):			
мг/100 г	14,0	9,0	16,0
кг/га (ПК _м ; К _м =30 кг/га)	420	270	480
Коэффициент использования питательных веществ из почвы (К _п)	0,25	0,07	0,12
Урожай по эффективному плодородию почвы (У _{эф} =ПК _м К _п :В _п), ц/га	300	145	147
С 30 т/га навоза внесено в почву, кг/га	150	75	180
Коэффициент использования элементов питания из навоза (К _н)	0,3	0,4	0,6
Возможный вынос питательных веществ из навоза (В _н =Д _н С _н К _н), кг/га	45	30	108
Урожай, который может быть получен по элементам питания навоза (У _н =В _н :В _п), ц/га	75	70	180
Урожай, который может быть запрограммирован по элементам питания почвы и навоза (У _{нн} =У _{эф} +У _н), ц/га	375	215	317
Урожай, который должен быть получен за счет питательных веществ туков (У _т =У _{нн} -У _н), ц/га	225	385	283
Вынос на 1 ц корнеплодов с учетом коэффициента использования NPK удобрений (В _{пк} =В _п :К _у), кг	0,57	0,44	0,6
Нормы NPK на заданный урожай (Д _{д.в} =У _т В _{пк}), кг/га	128	169	170

и предусматривать постепенное пополнение запасов почвы азотом, фосфором, калием и микроэлементами. Практически баланс NPK должен быть положительным. При средней и повышенной обеспеченности почвы NPK он может быть нулевым, т. е. рассчитанная норма питательного вещества не должна быть меньше его количества, отчуждаемого с урожаем.

В таблице 237 приведены нормы удобрений под кормовую свеклу, которая значительно снижает урожай на кислых почвах и обеспечивает получение высоких запрограммированных урожаев при совместном использовании минеральных и органических удобрений на хорошо произвесткованных почвах.

При расчете норм питательных веществ под кормовую свеклу учтено, что если в почве содержится 6—10 мг/100 г P₂O₅, то она относится к группе с низкой обеспеченностью фосфором для куль-

236. Коэффициенты эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев кормовой свеклы, ц/га

По азоту		По фосфору		По калию	
К _п , ‰	К _{эф} , ц/га	К _п , ‰	К _{эф} , ц/га	К _п , ‰	К _{эф} , ц/га
20	17,14	5	11,5	8	5,71
21	18,00	6	13,8	9	6,43
22	18,86	7	16,1	10	7,14
23	19,71	8	18,5	11	7,86
24	20,57	9	20,8	12	8,57
25	21,43	10	23,1	13	9,28
26	22,28	11	25,4	14	10,00
27	23,14	12	27,7	15	10,71
28	24,00	13	30,0	16	11,43
29	24,86	14	32,3	17	12,14
30	25,71	15	34,6	18	12,86
31	26,57	16	36,9	19	13,57
32	27,43	17	39,2	20	14,28
33	28,28	18	41,5	21	15,00
34	29,14	19	43,8	22	15,71
35	30,00	20	46,1	23	16,43
36	30,86	21	48,5	24	17,14
37	31,71	22	50,8	25	17,86
38	32,57	23	53,1	26	18,57
39	33,43	24	55,4	27	19,28
40	34,28	25	57,7	28	20,00
41	35,14	26	60,0	29	20,71
42	36,00	27	62,3	30	21,43
43	36,86	28	64,6	31	22,14
44	37,71	29	66,9	32	22,86
45	38,57	30	69,2	33	23,57

237. Нормы навоза (т/га) и NPK туков (кг/га) на заданные урожаи кормовой свеклы

Элемент питания	Группа почв по обеспеченности NPK	Программируемый урожай, ц/га			
		500—600	600—700	700—800	800—900
Навоз	—	50—60	60—70	70—80	80—90
N	III	85—100	100—115	115—130	130—145
	IV	75—85	85—100	100—115	115—130
	V	65—75	75—85	85—100	100—115
	VI	55—65	65—75	75—85	85—100
P ₂ O ₅	III	90—100	100—110	110—120	120—130
	IV	80—90	90—100	100—110	110—120
	V	70—80	80—90	90—100	100—110
	VI	60—70	70—80	80—90	90—100
K ₂ O	III	85—95	95—105	105—115	115—125
	IV	75—85	85—95	95—105	105—115
	V	65—75	75—85	85—95	95—105
	VI	55—65	65—75	75—85	85—95

туры, 10—15— со слабой, 15—25— со средней и выше 25 мг/100 г— с достаточной обеспеченностью. Непосредственно в условиях хозяйства нормы удобрений, приведенные в таблице 237, корректируют, принимая во внимание степень закрепления фосфора на разных по механическому составу почвах. На тяжелых глинистых почвах эти нормы нужно увеличить на 10%, поскольку фосфору сильнее реагирует с почвой, образуя труднорастворимые соединения. На легких почвах указанные нормы уменьшать не следует, так как при длительном возделывании растения свеклы начинают испытывать недостаток фосфора на песчаных почвах раньше, чем на глинистых, при одинаковом исходном уровне.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Кормовую свеклу лучше размещать на известкованных почвах. При этом коэффициент использования растениями азота из навоза достигает 45, из туков—70%. Уплотнение почвы резко снижает коэффициент усвоения фосфора вследствие ухудшения воздушного режима, что устраняют внесением соломы и запахиванием стерни. Кроме того, необходимо создать оптимальную концентрацию питательных веществ в почве, буферность почвенной среды и хорошие условия для усвоения элементов питания. Для основных типов почв содержание гумуса должно быть не ниже 2—2,6%, фосфора—18—25 мг/100 г и калия—16—30 мг/100 г почвы. Следует постоянно повышать агрофизические показатели почвы, разрабатывать показатели урожайной способности пашни, а также переводить производство кормовой свеклы на высокомеханизированную основу.

В таблице 238 приведена технология получения 900 ц/га кормовой свеклы.

238. Индустриальная технология возделывания кормовой свеклы урожайностью 900 ц/га

Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Озимые, яровые, зернобобовые, овощные культуры, кукуруза на силос
Основная обработка почвы	Лущение жнивья дисковыми лущильниками ЛДГ-10 в агрегате с трактором ДТ-75М или ЛДГ-15 с трактором Т-150К, а также тяжелой дисковой бороной БДТ-7 с трактором Т-150К на глубину 6—8 см

Продолжение

1	2
	Внесение органических удобрений (90 т/га) навозоразбрасывателем РОУ-5 в агрегате с трактором Т-150К, а также фосфора (120 кг/га) и калия (115 кг/га) тукообразбрасывателем СТТ-10 в агрегате с трактором Т-150К Ранняя зяблевая вспашка сразу вслед за внесением удобрений на глубину 28—32 см плугом ПТК-9-35 в агрегате с трактором К-701 По мере появления сорняков культивация на глубину 8—10 см широкозахватным культиватором КШУ-12 в агрегате с трактором К-700 Культивацию сочетают с одновременным боронованием На полях, засоренных корнеотпрысковыми сорняками, проводят обработку гербицидами группы 2,4-Д (аминная соль)—2 кг/га или 2,4-Д (бутиловый эфир)—1—1,2 кг/га. При появлении корневищных сорняков поля (или засоренные участки) обрабатывают далапоном—8—10 кг/га или ТХАН—20—30 кг/га. Используют опрыскиватель ОПШ-15-03 в агрегате с трактором МТЗ-82
Предпосевная обработка почвы	Ранневесеннее боронование тяжелыми боронами в два следа или дисковой бороной БДТ-7 в агрегате с трактором Т-150К с одновременным боронованием боронами БЗСС-1,0
Удобрение	Внесение азота (145 кг/га) тукообразбрасывателем РУМ-5-03 в агрегате с трактором МТЗ-82. Равномерная заделка удобрений в слое 10—12 см культиватором КПЗ-9,7 в агрегате с трактором К-700 Обработка почвы против злаковых и однолетних двудольных сорняков одним из гербицидов: феназолом (5 кг/га + ТХА—7 кг/га), ленацилом (1—1,5 кг/га + ТХА—7 кг/га), эптамом (4—5 кг/га + ТХА—7 кг/га), ронитом (5—6 кг/га + ТХА—7 кг/га) с использованием ОПШ-15-03 в агрегате с трактором МТЗ-82 Эту операцию сочетают с предпосевной культивацией почвы на глубину 3—4 см комбинированным агрегатом РВК-3,6 в агрегате с трактором ДТ-75М, или культиватором КРСШ-18, или УСМК-5,4Б
Посев	Семена высевают пунктирным способом, когда почва на глубине 8—10 см прогреется до температуры 7—8 °С, сеялкой ССТ-12Б в агрегате с трактором Т-70С Глубина посева семян—3—4 см. Норму высева семян устанавливают по количеству семян, высеянных на 1 пог. м ряда (12—15 семян) с последующим механизированным прореживанием до 4—5 растений на 1 пог. м. При густоте стояния 75 тыс. растений/га с шириной междурядий 60 см и 100 тыс. растений/га—5 см обеспечивается урожайность 900 ц/га и более

Продолжение

1	2
	Одновременно с севом в рядки вносят 15 кг/га азота, 20—фосфора и 10 кг/га калия
Уход за посевами	После посева при отсутствии избыточного увлажнения прикатывание почвы кольчато-зубчатыми катками КЗК-10 в агрегате с трактором ДТ-75М Сплошное рыхление почвы до появления всходов проводят на 4—5-й день после посева на глубину 2—2,5 см с боронами БСО-4 в агрегате с трактором МТЗ-82. Окончание рыхлений—за 2—3 дня до появления всходов При появлении всходов рыхление почвы в междурядьях на глубину 3 см. Культиватор УСМК-5,4А оборудуют защитными дисками, сдвоенными 170-миллиметровыми или односторонними 85-миллиметровыми бритвами и ротационными рабочими органами для рыхления почвы в рядках Прореживание всходов вдольрядными прореживателями, которые устанавливают на культиватор УСМК-5,4А, в начале образования первой пары листочков при густоте всходов 8—12 шт. на 1 пог. м, оставляя 5—6 растений на 1 пог. м к уборке После прореживания растений рыхлят междурядья на глубину 5—6 см. Культиватор УСМК-5,4А оборудуют 150-миллиметровыми бритвами и одной 150-миллиметровой плоскорежущей стрельчатой лапой, установленной вперед бритв. Защитная зона—10—12 см С появлением второй пары листьев у кормовой свеклы вносят гербицид бетанал (3 кг/га) опрыскивателем в агрегате с трактором МТЗ-82 Против вредителей трехкратное опрыскивание посевов в течение периода вегетации ОБТ-1В в агрегате с трактором МТЗ-80. Расход рабочего раствора—300 л/га Работы выполняют в 2 смены При необходимости проводят подкормку жидкими удобрениями ПОУ в агрегате с трактором МТЗ-82 Одновременно с третьей и последующими междурядными обработками проводят окучивание свеклы культиватором КРН-4,2 в агрегате с трактором МТЗ-82. На культиватор устанавливают бритвы, оборудованные специальными перьями-окучниками (КОР-4,2-01) Поливы проводят: первый—при «ремонте густоты насаждений» нормой 250—300 м³/га, второй и третий—в августе нормой 300—350 м³/га дождевальными машинами ДДН-70
Уборка	За 2—3 дня скашивание ботвы ботвоудалителем БМ-6А в агрегате с трактором МТЗ-82 с отвозкой массы для приготовления гранул, брикетов Убирают корнеплоды с одновременной погрузкой в транспортные тележки и отвозят к месту хранения

КАРТОФЕЛЬ

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И УРОЖАЙ

В земледелии будущего благодаря широкомасштабной мелиорации будут созданы поля с высоким плодородием и отрегулированным водным режимом. Это обстоятельство обуславливает широкое внедрение метода программирования урожая картофеля, продуктивность которого изменяется в широких пределах в зависимости от прихода солнечной энергии и степени усвоения ее растениями. За период вегетации раннеспелых сортов картофеля приход ФАР составляет 19,0—21,5, среднеспелых — 22—24, среднепоздних — 24,5—26 и позднеспелых 26,5—28,5 ккал/см². Например, за вегетацию среднеспелого сорта приход ФАР равен 24 ккал/см², из которых используется 2% энергии. При сжигании 1 кг клубней выделяется 300 ккал. У среднеспелых сортов на 100 ц клубней приходится в среднем 100 ц ботвы, т. е. соотношение клубней и ботвы составляет 1:1, или 2 части. При этом $K_m = 0,5$ (1:2), когда определяют массу сухого вещества, или $K_m = 2,5$ (0,5:0,20) — массу клубней стандартной влажности. В 100 ц сырой биомассы клубней и ботвы содержится в среднем 20 ц сухого органического вещества и 80% воды. Имея все показатели, входящие в формулу (17), определяют урожай клубней в случае прихода 24 ккал/см² ФАР:

$$Y_T = 10^4 \cdot 2\% \cdot 2,5 \frac{24 \text{ ккал/см}^2}{4300 \text{ ккал/кг}} = 279 \text{ ц/га.}$$

В таблице 239 приведены величины возможных урожаев клубней картофеля в зависимости от количества приходящей ФАР и усвоения ее посевами.

Среднее использование лучистой энергии в посадках картофеля при урожаях клубней выше 500 ц/га составляет около 3% ФАР (в случае прихода 28,5 ккал/см²). Однако такие показатели наблюдаются на легких по механическому составу почвах, пойменных землях и торфяниках с высокой степенью окультуренности и хорошей влагообеспеченностью. В практике коэффициент использования ФАР посевами картофеля изменяется от 0,8 до 1,5%, что совершенно не отвечает потенциальным возможностям культуры.

Анализ зависимости фотосинтеза от внешних факторов позволяет выявить наибольшую вероятность, когда экологические условия ограничивают продуктивность картофеля. В зоне его возделывания лимитирующими урожай факторами являются содержание CO₂ в травостое и освещенность. В посадках картофеля с площадью листьев 30—40 тыс. м²/га только до 40% листьев (верх-

239. Возможный урожай клубней картофеля в зависимости от прихода ФАР и ее усвоения посевами, ц/га

Приход ФАР, ккал/см ²	Коэффициент использования ФАР, %														
	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
19,0	55	83	110	138	166	193	221	248	276	304	331	359	387	408	442
19,5	57	85	113	142	170	198	227	255	283	311	340	368	397	425	453
20,0	58	87	116	145	174	203	232	262	291	320	349	378	407	436	465
20,5	59	89	119	149	179	208	238	268	298	328	357	387	417	447	476
21,0	61	91	122	153	183	213	244	275	305	336	366	397	427	458	488
21,5	62	94	125	156	187	218	250	281	312	344	375	406	437	469	500
22,0	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	511
22,5	65	98	131	163	196	229	261	294	327	360	392	425	458	490	523
23,0	67	100	134	167	200	234	267	301	334	368	401	434	468	501	535
23,5	68	102	136	171	205	239	273	307	341	376	410	444	478	512	546
24,0	70	105	139	174	209	244	279	314	349	384	418	453	488	523	558
24,5	71	107	142	178	214	249	284	320	356	392	427	463	498	534	569
25,0	73	109	145	182	218	254	290	327	363	400	436	472	509	545	581
25,5	74	111	148	185	222	259	296	333	371	408	444	482	519	556	593
26,0	75	113	151	189	227	264	302	340	378	416	453	491	529	567	604
26,5	77	115	154	192	231	270	308	347	385	424	462	501	539	578	616
27,0	78	118	157	196	235	275	313	353	392	432	471	510	549	589	628
27,5	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	639
28,0	81	122	163	203	244	285	325	366	407	448	488	529	570	610	651
28,5	83	124	166	207	248	290	331	373	414	456	497	538	580	621	662

K _в	Количество доступной для растений влаги, мм																
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600
200	294	331	368	405	441	478	515	551	588	625	662	698	735	771	808	845	882
225	261	294	327	360	392	425	457	490	523	556	588	620	653	686	719	752	784
250	235	265	294	324	353	383	412	441	471	500	529	558	588	617	647	676	704
275	214	241	267	294	321	348	374	401	428	455	481	508	535	561	588	615	642
300	196	221	245	270	294	319	343	367	392	416	441	465	490	514	539	563	588
325	181	204	226	248	271	294	317	340	362	385	407	430	452	475	498	521	543
350	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504
375	157	177	196	216	235	255	274	294	314	334	353	372	392	411	431	451	470
400	147	166	184	202	220	239	257	276	294	312	331	349	368	386	404	433	441
425	138	156	173	191	208	225	242	259	277	295	312	330	347	364	381	398	416
450	130	146	163	179	196	212	228	244	261	277	294	310	326	343	359	375	392
475	123	139	155	171	186	202	217	232	248	264	279	294	310	326	341	356	372
500	117	132	147	162	176	191	206	221	235	250	264	279	294	308	323	337	352
525	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280	294	308	322	336
550	107	120	133	146	160	173	187	200	214	227	240	253	267	281	294	308	321
575	102	115	127	140	153	166	179	192	205	218	230	243	256	268	281	294	307
600	98	110	122	134	147	159	171	183	196	208	220	232	245	257	269	282	294
625	94	106	117	129	141	153	164	176	188	200	211	223	235	247	259	271	282
650	90	102	113	124	135	146	158	170	181	192	203	214	226	238	249	260	271
675	87	98	109	120	130	141	152	163	174	185	196	207	218	229	240	251	261
700	84	95	105	116	126	137	147	158	168	179	189	199	210	221	231	241	252

ко возрастает, так как растения имеют максимальную площадь листьев. Отсутствие влаги в этот период снижает урожай на 50—60%.

Особенно важно оптимальное содержание влаги в межфазный период начало цветения — конец вегетации. Он совпадает с интенсивным накоплением массы клубней. При этом влажность почвы должна поддерживаться на уровне 75—85% НВ. На неорошаемых массивах урожай картофеля, как правило, определяется осадками июня — июля для раннеспелых сортов, осадками июля — первой половины сентября — для среднеспелых и среднепоздних сортов.

Следует отметить, что переувлажнение дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почв, наблюдаемое при наличии в пахотном слое 65—70 мм продуктивной влаги, приводит к полному прекращению клубнеобразования, удушению клубней и их загниванию от недостатка кислорода воздуха. Поэтому гарантированное производство картофеля в районах достаточного увлажнения возможно только на мелиорированных землях, снабженных осушительной сетью.

Суммарное водопотребление (E_0) картофеля зависит от сорта, зоны возделывания и климатических условий периода вегетации. Для орошаемых земель оно складывается из запасов влаги в слое 0—100 см перед посадкой картофеля, количества выпавших осадков и оросительной нормы. На неорошаемых землях E_0 формируется из первых двух статей водного баланса без поливной воды.

Например, на дерново-подзолистых суглинистых почвах центральных районов Нечерноземной зоны к моменту посадки картофеля (10 мая) в слое 0—100 см содержится 180 мм продуктивной влаги (W). За период с 10 мая по 10 сентября здесь выпадает 250 мм осадков (O_c). Суммарное водопотребление составляет:

$$E_0 = 180 + 250 = 430 \text{ мм, или } 4300 \text{ м}^3/\text{га.}$$

В зависимости от урожая расход воды на формирование 1 ц клубней (K_t — товарный коэффициент водопотребления) будет значительно колебаться. Урожаю 100 ц/га клубней будет соответствовать $K_t = 430$ (43 000 ц/га воды: 100 ц/га клубней), 150 ц/га — 287, 200 ц/га — 215, 250 ц/га — 172, 300 ц/га — 143, 350 ц/га — 123, 450 ц/га — 107 единиц.

Наличие товарных коэффициентов водопотребления позволит правильно подойти к оценке уровня урожайности при естественной влагообеспеченности и научно обосновать водный режим орошаемых почв.

Отсюда следует, что картофелеводство требует постоянного окультуривания почв, повышения их влагоемкости и улучшения водно-воздушного режима. Это достигается только при внесении навоза (не менее 100 т/га) и создании мощного пахотного горизонта.

Программированное возделывание картофеля требует точного учета погодных условий зоны и вегетационного периода. Рост клубней среднеспелых сортов начинается в фазу бутонизации растений. В первую пятидневку после начала бутонизации он идет медленно, затем постепенно увеличивается, и с четвертой пятидневки начинается период интенсивного клубнеобразования, который заканчивается после массового отмирания ботвы. Получение заданных урожаев зависит от продолжительности периода клубнеобразования (n пятидневок). Картофель сажают сразу после устойчивого перехода температуры почвы через 7 °С, благоприятного для прорастания клубней. Выбор оптимального срока посадки клубней очень важен в связи с тем, что на большей территории страны клубнеобразование прекращается из-за преждевременного отмирания ботвы вследствие ранних заморозков или поражения фитофторозом, в результате срок уборки картофеля оказывается вынужденным. В основной зоне возделывания картофеля при посадке его в оптимальные сроки продолжительность периода интенсивного клубнеобразования составляет в среднем 10 пятидневок, в благоприятные годы — 12—13, на севере и юге страны — до 6—8 пятидневок. При поздних посадках резко снижается продуктивность посевов.

Недобор урожая от запаздывания со сроками посадки определяют как произведение числа потерянных пятидневок на средний прирост клубней за пятидневку (n пятидневок $\cdot \Delta y$). Если за пятидневку прирост клубней составляет в среднем 2,5 т/га, а запаздывание со сроком посадки сокращает период интенсивного клубнеобразования на одну пятидневку, то недобор урожая при опоздании с посадкой на одну пятидневку составит 2,5, на две — 5 т/га.

Уровень агрофона и густота стояния растений при уборке наряду со степенью благоприятности агрометеорологических условий положены в основу расчета величины возможного урожая картофеля по формуле

$$U_T = U + n\Phi\chi_m, \quad (61)$$

где U_T — масса клубней, накопившихся к началу периода интенсивного клубнеобразования (обычно она равна 2,0 т/га);

n — число пятидневок периода интенсивного клубнеобразования;

Φ — комплексная характеристика уровня агрофона, выражающая степень обеспеченности растений элементами минерального питания, рыхлости почвы, агрохимические показатели почвы и др.;

χ — густота стояния растений; здесь принято отношение фактической густоты к оптимальной, рассчитанной на заданный урожай;

m — степень благоприятности агрометеорологических условий, определяемая различными сочетаниями температуры почвы, запасами продуктивной влаги в ней и др.

При среднем уровне агрофона, т. е. при внесении 20—25 т/га навоза и минеральных удобрений в средних нормах, $\Phi = 3$, при высоком (30—40 т/га навоза и использовании минеральных удоб-

рений в необходимых нормах) $\Phi=4$ и при очень высоком агрофоне — $\Phi=5$.

Например, если $n=10$ пятидневок, уровень агрофона высокий ($\Phi=4$), густота стояния растений оптимальная ($\Psi=1$) и оценка метеоусловий средняя ($m=0,8$), возможный урожай клубней картофеля составит:

$$Y_T = 2,0 \text{ т/га} + (10 \text{ пятидневок} \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0,8) = 34 \text{ т/га.}$$

В период вегетации необходим контроль за накоплением биологической массы. $U_{\text{биол}}$ представляет собой сумму суточных приростов (M) сухой массы на 1 га посева в течение n дней вегетации:

$$U_{\text{биол}} = (M_1, 2, 3, \dots). \quad (73)$$

Например, на 1 га посевов картофеля в первый день накопилось 15 кг (M_1), во второй — 20 (M_2), в третий — 25 (M_3), в четвертый — 45 кг (M_4) и т. д. биомассы. Сумма их за 4 дня составит:

$$U_{\text{биол}} = 15 + 20 + 25 + 45 = 105 \text{ кг/га.}$$

В среднем посевы картофеля за каждый день накапливают 90 кг/га сухой биомассы, а за весь период вегетации (110 дней) — 99 ц/га:

$$U_{\text{биол}} = 90 \text{ кг/га} \cdot 110 \text{ дней} = 9900 \text{ кг/га, или } 99 \text{ ц/га.}$$

Этому урожаю биомассы соответствует 248 ц/га клубней картофеля (99 ц/га $\cdot$ 2,5).

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ЗАДАННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Суточный прирост сухой биомассы картофеля варьирует от 0 в начале и в конце вегетации до 80—150 кг/га в фазу интенсивного роста растений, достигая 300—500 кг/га в период максимальной площади листьев. В хороших, плотных посевах 1 м² листьев за день усваивает 12—25 г СО₂ и за вычетом затрат на дыхание образует 5—12 г сухой биомассы. Если за период вегетации чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) листьев картофеля равна 5,5 г/м²·сутки, то при площади листьев 40—50 тыс. м²/га суточный прирост сухой биомассы будет 220—275 кг/га (40—50 тыс. м²/га $\cdot$ 5,5 г/м²·дн.). Если площадь листьев составляет 40 тыс. м²/га в фазу интенсивного роста растений, средний ассимиляционный аппарат за вегетацию 110 дней — 27,5 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал — 3025 тыс. м²/га·дн. (27,5 тыс. м²/га $\times$ 110 дн.), то в случае получения 8 кг клубней на 1 тыс. ед. ФП возможен сбор 242 ц/га клубней (3025 тыс. м²/га·дн. $\cdot$ 8 кг/100 ед. ФП). Максимальной площади листьев 50 тыс. м²/га соответствует

средняя за вегетацию площадь листьев 31,3 тыс. м²/га, ФП — 3440 тыс. м²/га·дн. (31,3 тыс. м²/га $\cdot$ 110 дн.) и урожай клубней — 275 ц/га (3440 тыс. м²/га·дн. $\cdot$ 8 кг/1000 ед. ФП) (табл. 241).

Эти данные показывают, насколько важно получать посевы с оптимальной структурой и с высокими показателями фотосинтетической деятельности листьев, а также контролировать этот процесс и управлять им. Высокие урожаи клубней формируются при хорошо развитой ботве с большой площадью листьев. Чем сильнее развита ботва, тем выше урожай клубней. Во влажные годы лучшие приросты клубней наблюдались при массе ботвы 350—400, а в засушливые годы — 200—250 ц/га. Эти показатели достигаются при оптимальном регулировании нормы посадки, которая зависит от массы клубней и схемы посадки (табл. 242).

241. Фитометрические показатели заданных урожаев картофеля

Показатель	Заданный урожай, ц/га					
	150	180	210	242	285	300
Выход клубней на 1 тыс. единиц ФП, кг	8	8	8	8	8	8
Фотосинтетический потенциал посева (ФП), тыс. м ² /га·дн.	1875	2250	2625	3025	3440	3750
Площадь листьев, тыс. м ² /га:						
средняя	17,0	20,4	23,9	27,5	31,3	34,1
максимальная	24,7	29,6	34,8	40,0	50,0	54,4

242. Нормы посадки картофеля в зависимости от массы клубней (по Б. А. Писареву)

Междурядье, см	Расстояние в ряду, см	Число растений на 1 га, тыс. шт.	Нормы посадки, ц/га, при массе клубней, г						
			25	30	40	50	60	70	80
70	20	71,0	17,8	21,3	28,4	35,5	42,6	49,7	56,8
70	25	57,0	14,3	17,1	22,8	28,5	34,2	39,9	45,6
70	30	47,6	11,9	14,3	19,0	23,8	28,5	33,3	38,0
70	35	40,8	10,2	12,2	16,3	20,4	24,4	28,6	32,6
90	20	55,5	13,9	16,6	22,2	27,8	33,2	38,9	44,4

Раннеспелые сорта картофеля, имеющие более компактные с прямостоячей ботвой кусты, а также мелкие клубни высаживают гуще, чем клубни средние и крупные. При выращивании семенного картофеля для получения большего урожая семенных клубней густоту посадки можно довести до 70 тыс. кустов на 1 га и более.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ЗАДАННЫЙ УРОЖАЙ

Густота посадки картофеля должна быть такой, чтобы растения на данной площади питания могли образовывать мощный ассимиляционный аппарат (45—60 тыс. м²/га), способный наиболее полно аккумулировать солнечную энергию и максимально использовать питательные вещества органических и минеральных удобрений, а также почвы. В случае чрезмерного азотного питания сильно разрастается ботва, наблюдается перерасход питательных веществ. Если при соотношении клубней и ботвы, равном 1:0,6, на 1 ц клубней растения выносят 0,5 кг азота, 0,24 — фосфора и 1,11 кг калия, то с увеличением этого соотношения до 1:1,3 затраты азота на 1 ц клубней составляют соответственно 0,71; 0,35 и 1,7 кг (табл. 243).

243. Вынос питательных веществ картофелем при различном соотношении клубней и ботвы, кг/ц клубней

Соотношение клубней и ботвы	Сумма частей, Σа	К _т		Выносятся на 1 ц клубней, кг			
		на сухую биомассу	при 20%-ном содержании сухого вещества	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего
1:0,6	1,6	0,625	3,125	0,50	0,24	1,11	1,85
1:0,7	1,7	0,588	2,94	0,53	0,25	1,19	1,97
1:0,8	1,8	0,555	2,775	0,56	0,27	1,29	2,12
1:0,9	1,9	0,526	2,63	0,59	0,29	1,36	2,24
1:1,0	2,0	0,50	2,50	0,62	0,30	1,45	2,37
1:1,1	2,1	0,476	2,38	0,65	0,32	1,53	2,50
1:1,2	2,2	0,454	2,27	0,68	0,33	1,62	2,63
1:1,3	2,3	0,435	2,175	0,71	0,35	1,70	2,76

При соотношении клубней и ботвы, равном 1:1, на формирование 1 ц клубней затрачивается 0,62 кг азота, 0,3 — фосфора и 1,45 кг калия (табл. 244). При этом в 100 кг/га внесенных в почву питательных веществ должно быть 26,16 кг/га азота, 12,66 — фосфора и 61,18 кг/га калия. С учетом коэффициентов использования их из удобрений эти показатели составят: азота при 65%-ном его использовании — 40,24 кг/га (26,16 кг/га:0,65), фосфора при 25%-ном — 50,64 (12,66:0,25) и калия при 70%-ном — 87,4 кг/га (61,18 кг/га:0,7). Если принять азот за единицу, то соотношение N:P:K составит 1:1,25:2,17, или в сумме 4,43. Следовательно, биологическую потребность растений картофеля в элементах питания можно обеспечить при внесении на каждый гектар 100 кг азота, 126 — фосфора и 217 кг калия. Эти данные используют для обоснования норм удобрений на заданные урожаи картофеля.

244. Содержание и соотношение питательных веществ в урожае картофеля

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание питательных веществ, %:				
в клубнях	0,32	0,14	0,60	1,06
в ботве	0,30	0,16	0,85	1,31
Вынос на 1 ц клубней с соответствующим количеством (1,0 ц) ботвы, кг	0,62	0,30	1,45	2,37
Соотношение питательных веществ в урожае:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,0	0,484	2,339	3,823
фосфор » » 1	2,067	1,0	4,833	7,90
калий » » 1	0,427	0,207	1,00	1,634
в процентах	26,16	12,66	61,18	100

При внесении под картофель навоза значительная часть элементов питания из него будет усвоена растениями. В 1 т навоза содержится 13,5 кг NPK, в том числе 5 кг азота, 2,5 — фосфора и 6 кг калия. Если на 1 га пашни дают 60 т навоза, то в почву поступает 300 кг/га азота, 150 — фосфора и 360 кг/га калия, в сумме 810 кг/га NPK, которые используются растениями в течение нескольких лет. Если принять, что в год внесения растения картофеля усваивают 30% азота, 40 — фосфора и 60% калия, то из 60 т/га навоза может быть вынесено 90 кг/га азота (300 кг/га × 0,3), 60 — фосфора (150 кг/га × 0,4) и 216 кг/га калия (360 кг/га × 0,6). Возможный урожай клубней по азоту составит 145 ц/га (90 кг/га:0,62 кг/ц), по фосфору — 200 (60:0,3) и по калию — 149 ц/га (216 кг/га:1,45 кг/ц). Часть питательных веществ будет использована растениями из почвы и минеральных удобрений (табл. 245).

Для получения 300 ц/га картофеля, кроме 60 т навоза, потребовалось внести 50 кг/га азота, 57 — фосфора и 81 кг калия, или в сумме 188 кг/га NPK. На 1 кг NPK можно получить 23,3 кг клубней (44 ц/га:188 кг/га NPK). При совместном внесении органических и минеральных удобрений для расчета норм питательных веществ пользуются формулой (53)

$$D = \frac{(300 \text{ ц/га} \cdot 0,3 \text{ кг/ц}) - (11,2 \text{ мг/100 г} \cdot 33,1 \text{ кг/га} \cdot 0,05) - (60 \text{ т/га} \cdot 2,5 \text{ кг/т} \cdot 0,4)}{0,2} = 57 \text{ кг/га фосфора.}$$

245. Схема расчета норм питательных веществ на заданный урожай картофеля (300 ц/га клубней)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Внесено питательных веществ с 60 т/га навоза (Д _н С _н), кг/га	300	150	360
Коэффициент использования элементов питания навоза (К _н)	0,30	0,40	0,60
Возможный вынос питательных веществ из навоза (В _н), кг/га	90	60	216
Урожай, который может быть получен за счет элементов питания навоза (У _н = В _н : В ₁), ц/га	145	200	149
Содержится в почве: мг/100 г (П)	10,0	11,2	22,5
кг/га (3310П : 100)	331	371	745
Коэффициент использования элементов питания из почвы (К _п)	0,20	0,05	0,10
Возможный вынос питательных веществ из почвы (В _п = 3310П : 100К _п), кг/га	66,2	18,6	74,5
Урожай, который может быть получен за счет эффективного плодородия почвы (У _{эф} = В _п : В ₁), ц/га	107	62	51
Возможный урожай по питательным веществам навоза и почвы (У _н + У _п), ц/га	252	262	200
Урожай, который должен быть получен по питательным веществам удобрений (У _{пр} = У _{прог} - У _н + У _{эф}), ц/га	48	38	100
Вынос питательных веществ на прибавку урожая (В _{пр} = У _{пр} В ₁), кг/га	29,8	11,4	145
Коэффициент использования элементов питания туков в год внесения (К _у)	0,60	0,20	0,75
Норма НРК на заданный урожай картофеля (Д _{д.в} = В _{пр} : К _у), кг/га	50	57	193

При запашке в короткие сроки 60 т/га высококачественного навоза можно собрать в среднем 2,9 ц клубней на каждую его тонну — 2,4 ц по азоту навоза (145 ц/га : 60 т/га), 3,3 — по фосфору (200 : 60) и 2,9 ц — по калию (174 ц/га : 60 т/га). По обобщенным данным, в случае запашки навоза сразу после разбрасывания удобрительный эффект его сохраняется на 100%, через 6 ч — на 90 и через сутки — на 86%.

Расчеты показывают, что 75 т высококачественного навоза равноценны 1 т д.в. минеральных удобрений при содержании в аммиачной селитре 34% азота, в суперфосфате — 20% фосфора и в калийной соли — 40% калия, или 3,1 т туков в физической массе.

Навоз — не только источник питания растений азотом, фосфором и калием. В нем содержится значительное количество необходимых микроэлементов. При использовании 20—30 т навоза практически полностью компенсируется вынос микроэлементов урожаем картофеля — до 350 ц/га. Если программируют большие урожаи, то требуется внесение специфических для картофеля микроэлементов.

Для получения запрограммированных урожаев картофеля в почве должно содержаться не менее 2,2% гумуса (при этом возрастает эффективность минеральных удобрений и образуется больше водопрочных агрегатов). С этой целью на каждый гектар пашни ежегодно нужно вносить 14—16 т навоза.

Например, чтобы содержание гумуса в почве было на уровне 2,2%, в пахотный слой (25 см) почвы массой 3000 т требуется внести минимум 66 т/га навоза.

$$Д_n = 0,01 M_n \Gamma, \quad (62)$$

где M_n — масса пахотного слоя, т/га;

Γ — содержание органического вещества или заданное его увеличение в пахотном слое почвы, %.

Подставив приведенные выше показатели в формулу (62), получим:

$$Д_n = 0,01 \cdot 3000 \text{ т/га} \cdot 2,2\% = 66 \text{ т/га навоза.}$$

Для определения нормы навоза по этой методике нужно знать объемную массу почвы и рассчитать массу пахотного слоя различных типов почв. В таблице 246 приведены масса пахотного слоя дерново-подзолистых почв и необходимые для заданного уровня (2,2%) органического вещества в почве нормы навоза.

246. Масса пахотного горизонта и норма навоза на различных по механическому составу почвах, т/га

Пахотный слой почвы, см	Суглинистые		Супесчаные		Песчаные	
	масса	норма	масса	норма	масса	норма
0—22	2590—2690	57—59	2810—2910	62—64	3030—3130	67—69
0—25	2950—3100	65—68	3200—3300	70—73	3450—3550	75—78
0—28	3310—3510	73—77	3590—3690	79—83	3870—3970	85—89
0—30	3550—3780	78—83	3850—3950	85—87	4150—4250	91—94

По формуле (62) можно рассчитать норму навоза на любой уровень содержания органического вещества в почве. Допустим, на одном поле севооборота содержание гумуса составляет 2,2%, программируется довести его до 3%, т. е. увеличить на 0,8%

Соревн.		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
3	3	29	31	32	33	35	36	38	39	40	42	43	44	46	48	49	51	52	54	55	57	58
4	4	39	41	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	77
5	5	48	51	53	55	58	60	63	65	67	70	72	75	77	80	82	84	87	89	92	94	96
6	6	58	61	64	67	70	73	76	79	81	84	87	90	93	96	98	101	104	107	110	113	116
7	7	68	71	74	78	81	85	88	92	94	98	101	105	108	112	115	118	122	125	129	132	135
8	8	78	82	85	89	93	97	101	105	108	112	116	120	124	128	131	135	139	143	147	151	154
9	9	87	92	95	100	104	109	113	118	121	126	130	135	139	144	148	152	157	161	166	170	174
10	10	97	102	106	111	116	121	126	131	135	140	145	150	155	160	164	169	174	179	184	189	193
11	11	107	112	117	122	128	133	138	144	149	154	160	165	170	176	181	186	192	197	202	207	213
12	12	116	122	128	133	139	145	151	157	162	168	174	180	186	192	197	203	209	215	221	226	232
13	13	126	132	138	145	151	157	163	170	176	182	189	195	201	207	214	220	226	233	239	245	252
14	14	136	142	149	156	162	169	176	183	190	196	203	210	217	223	230	237	244	251	257	264	271
15	15	145	152	160	167	174	181	189	196	203	210	218	225	232	239	247	254	261	268	276	283	290
16	16	155	162	170	178	186	193	201	209	217	224	232	240	248	255	263	271	279	286	294	302	310
17	17	165	173	181	189	197	206	214	222	230	238	247	255	263	271	280	288	296	304	312	321	329
18	18	175	183	192	200	209	218	226	235	244	252	261	270	279	287	296	305	313	322	331	340	348
19	19	184	193	202	211	221	230	239	248	257	267	276	285	294	303	312	322	331	340	349	358	368
20	20	194	203	213	222	232	242	252	261	271	281	290	300	310	319	329	339	348	358	368	377	387
21	21	204	213	223	234	244	254	264	274	284	295	305	315	325	335	345	355	366	376	386	396	406
22	22	213	223	234	245	255	266	277	287	298	309	319	330	341	351	362	372	383	394	404	415	426
23	23	223	234	245	256	267	278	289	300	312	323	334	345	356	367	378	389	401	412	423	434	445
24	24	233	244	255	267	278	290	302	313	325	337	348	360	372	383	395	406	418	430	441	453	464
25	25	242	254	266	278	290	302	314	327	339	351	363	375	387	399	411	423	435	447	460	472	484

248. Возможный урожай картофеля в зависимости от содержания в почве доступного для растений фосфора, ц/га

Содержание фосфора, мг/100 г почвы	Коэффициент использования фосфора, %																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	
4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	
5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
6	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	
7	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	
8	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	
9	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	
10	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
11	55	66	77	88	99	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	
12	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	
13	65	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208	221	234	247	260	
14	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280	
15	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	
16	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320	
17	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	
18	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360	
19	95	114	133	152	171	190	209	228	247	266	285	304	323	342	361	380	
20	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	
21	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	
22	110	132	154	176	198	220	242	264	286	308	330	352	374	396	418	440	
23	115	138	161	184	207	230	253	276	299	322	345	368	391	414	437	460	
24	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480	
25	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	

249. Возможный урожай клубней картофеля в зависимости от содержания в почве доступного для растений калия, ц/га

Содержание калия, мг/100 г почвы	Коэффициент использования калия, %.																												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
3	5	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15	15	16	17	17	18	19						
4	7	8	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25						
5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
6	10	11	12	14	15	16	17	19	20	21	22	23	25	26	27	28	30	31	32	33	35	36	37						
7	11	13	14	16	17	19	20	22	23	24	26	27	29	30	32	33	35	36	38	39	40	42	43						
8	13	15	16	18	20	21	23	25	26	28	30	31	33	35	36	38	40	41	43	45	46	48	50						
9	15	17	19	20	22	24	26	28	30	31	33	35	37	39	41	43	45	46	48	50	52	54	56						
10	16	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	48	50	52	54	56	58	60	62						
11	18	20	23	25	27	29	32	34	36	39	41	43	45	48	50	52	55	57	59	61	64	66	68						
12	20	22	25	27	30	32	35	37	40	42	45	47	50	52	55	57	59	62	64	67	69	72	74						
13	21	24	27	29	32	35	38	40	43	46	48	51	54	56	59	62	64	67	70	73	75	78	81						
14	23	26	29	32	35	38	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67	69	72	75	78	81	84	87						
15	25	28	31	34	37	40	43	46	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	81	84	87	90	93						
16	26	30	33	36	40	43	46	50	53	56	59	63	66	69	73	76	79	83	86	89	93	96	99						
17	28	32	35	39	42	46	49	53	56	60	63	67	70	74	77	81	84	88	91	95	98	102	105						
18	30	33	37	41	45	48	52	56	59	63	67	71	74	78	82	86	89	93	97	100	104	108	112						
19	31	35	39	43	47	51	55	59	63	67	71	75	79	82	86	90	94	98	102	106	110	114	118						
20	33	37	41	45	50	54	58	62	66	70	74	79	83	87	91	95	99	103	107	112	116	120	124						
21	35	39	43	48	52	56	61	65	69	74	78	82	87	91	95	100	104	109	113	117	122	126	130						
22	36	41	45	50	55	59	64	68	73	77	82	86	91	95	100	105	109	114	118	123	127	132	136						
23	38	43	47	52	57	62	67	71	76	81	86	90	95	100	105	109	114	119	124	128	133	138	143						
24	40	45	50	55	59	64	69	74	79	84	89	94	99	104	109	114	119	124	129	134	139	144	149						
25	41	46	52	57	62	67	72	77	83	88	93	98	103	109	114	119	124	129	134	140	145	150	155						
26	43	48	54	59	64	70	75	81	86	91	97	102	107	113	118	124	129	134	140	145	151	156	161						
27	45	50	56	61	67	73	78	84	89	95	100	106	112	117	123	128	134	140	145	151	156	162	167						
28	46	52	58	64	69	75	81	87	93	98	104	110	116	122	127	133	139	145	151	156	162	168	174						
29	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180						
30	50	56	62	68	74	81	87	93	99	105	112	118	124	130	136	143	149	155	161	167	174	180	186						

на формирование 10 ц урожая затрачивается 1,45 кг калия, что в 2,34 раза больше, чем азота, и в 4,83 раза больше, чем фосфора. Нарушение данного соотношения ограничивает величину, оптимальную по другим факторам продуктивности посевов картофеля. Высокая обеспеченность калием всех типов почв, за исключением торфяных, не должна служить критерием для снижения норм калийных удобрений. Под эту калиелюбивую культуру необходимо вносить минеральные удобрения совместно с органическими. В таблице 250 приведены нормы NPK туков и навоза на различные урожаи картофеля.

250. Нормы NPK туков и навоза на заданные урожаи картофеля

Элемент питания	Группа почв, по обеспеченности NPK	Программируемый урожай клубней, ц/га			
		250—300	300—350	350—400	400—450
Органические	—	45—55	55—65	65—75	75—80
N	III	90—110	110—120	120—140	140—160
	IV	70—90	90—110	110—120	120—140
	V	50—70	70—90	90—110	110—120
	VI	30—50	50—70	70—90	90—110
P ₂ O ₅	III	95—105	105—115	115—125	125—145
	IV	90—95	95—105	105—115	115—125
	V	85—90	90—95	95—105	105—115
	VI	80—85	85—90	90—95	95—105
K ₂ O	III	140—145	145—150	150—170	170—190
	IV	135—140	140—145	145—150	150—170
	V	130—135	135—140	140—145	145—150
	VI	125—130	130—135	135—140	140—145

При наличии картограмм обеспеченности почв питательными веществами необходимые нормы питательных веществ на заданный урожай картофеля можно рассчитать с помощью коэффициентов эффективного плодородия почв. Например, в пахотном слое почвы содержится 12,5 мг/100 г азота, 10,1 — фосфора и 29,6 мг/100 г калия. При усвоении растениями картофеля 42% азота, 21 — фосфора и 33% калия каждый миллиграмм питательного вещества почвы обеспечивает получение (K_{эф}) по азоту 20,3 ц/га, по фосфору — 21 ц/га и по калию — 6,83 ц/га клубней (табл. 251).

По агрохимическим показателям почвы за счет эффективного плодородия можно получить по азоту 254 ц/га клубней (12,5 мг/100 г · 20,3 ц/га), по фосфору — 212 ц/га (10,1 · 21) и по калию 202 ц/га (29,6 мг/100 · 6,83 ц/га). При программировании урожаев картофеля расчет необходимых норм NPK можно вести на прибавку урожая. Например, если почвенно-климатические ре-

сурсы позволяют получать 400 ц/га клубней, то по азоту прибавка составит 146 ц/га (400—254), по фосфору — 188 (400—212) и по калию — 198 ц/га (400—202).

В последние годы объемы производства сложных удобрений постоянно растут, поэтому возникает необходимость обоснования наиболее правильного соотношения питательных веществ во вносимых удобрениях.

251. Коэффициент эффективного плодородия почвы для расчета возможных урожаев картофеля

По азоту		По фосфору		По калию	
K _п , %	K _{эф} , ц/га	K _п , %	K _{эф} , ц/га	K _п , %	K _{эф} , ц/га
20	9,7	5	5	8	1,65
21	10,2	6	6	9	1,86
22	10,6	7	7	10	2,07
23	11,1	8	8	11	2,27
24	11,6	9	9	12	2,48
25	12,1	10	10	13	2,69
26	12,6	11	11	14	2,90
27	13,1	12	12	15	3,10
28	13,5	13	13	16	3,31
29	14,0	14	14	17	3,52
30	14,5	15	15	18	3,72
31	15,0	16	16	19	3,93
32	15,5	17	17	20	4,14
33	16,0	18	18	21	4,34
34	16,4	19	19	22	4,55
35	16,9	20	20	23	4,76
36	17,4	21	21	24	4,97
37	17,9	22	22	25	5,17
38	18,4	23	23	26	5,38
39	18,9	24	24	27	5,59
40	19,3	25	25	28	5,79
41	19,8	26	26	29	6,00
42	20,3	27	27	30	6,21
43	20,8	28	28	31	6,41
44	21,3	29	29	32	6,62
45	21,8	30	30	33	6,83

Как правило, некоторые сложные удобрения содержат одинаковое количество NPK, а для сбалансированного питания растений требуется специфическое для культуры соотношение NPK. Поэтому сложные туки необходимо совместить с простыми, заблаговременно определив правильное соотношение питательных веществ в них. Расчет ведут следующим образом: по наименьшей норме питательного вещества определяют, какое количество NPK может быть внесено со сложными туками; рассчитывают недостающее количество других элементов питания, которые нужно внести

простыми удобрениями. Норму удобрения в физической массе рассчитывают по формуле

$$D_T = \frac{D_{мин}}{C} + \frac{D_1 - D_{мин}}{C_1} + \frac{D_2 - D_{мин}}{C_2}, \quad (64)$$

где $D_{мин}$ — норма минимального питательного вещества, кг/га;
 D_1 и D_2 — нормы двух других элементов питания, кг/га;
 C, C_1 и C_2 — содержание питательных веществ в туках, % или кг/100 кг удобрения.

Например, под заданный урожай картофеля, кроме навоза, требуется внести 326 кг/га NPK ($N_{100}P_{65}K_{161}$). В хозяйстве имеются нитрофоска с содержанием в ней NPK в соотношении 17:17:17, аммиачная селитра (34% N) и калийная соль (40% K_2O). Пользуясь формулой (64), рассчитывают нормы туков под посевы

$$D_T = \frac{65 \text{ кг/га } P_2O_5}{17 \text{ кг/ц}} + \frac{100 \text{ кг/га N} - 65 \text{ кг/га}}{34 \text{ кг/ц}} + \frac{161 \text{ кг/га } K_2O - 65 \text{ кг/га}}{40 \text{ кг/ц}} = \\ = 3,8 \text{ ц/га} + 0,9 \text{ ц/га} + 2,4 \text{ ц/га} = 7,1 \text{ ц/га}.$$

В них 3,8 ц/га нитрофоски, 0,9 — аммиачной селитры и 2,4 ц/га калийной соли.

Величина $U_{дву}$ картофеля лимитируется агроклиматическими ресурсами и может быть достигнута на плодородных почвах, имеющих наивысший в данной зоне бонитет. В условиях хозяйства выявляют показатели эффективного плодородия почвы: урожай, получаемый на участке без внесения удобрений (с конкретизацией уровня продуктивности полей по основным элементам питания); балл пашни (Б) и цену ее балла (Ц, ц). При наличии этих показателей урожай картофеля ($U_{эф}$), получаемый за счет эффективного плодородия почвы, определяют по формуле

$$U_{эф} = БЦ. \quad (65)$$

Необходимо также установить (или пользоваться данными ближайших к хозяйству научных учреждений) окупаемость единицы NPK вносимых минеральных удобрений (O_y , ц/кг). При использовании соответствующего количества элементов минерального питания ($D_{д.в.}$) рассчитывают прибавку урожая, получаемого в этих условиях (U_y , ц/га):

$$U_y = O_y D_{д.в.} \quad (66)$$

Программируемый урожай картофеля, получаемый за счет эффективного плодородия почвы и минеральных удобрений, определяют по формуле

$$U_{дву} = U_{эф} + U_y = БЦ + O_y D_{д.в.} \quad (67)$$

При внесении минеральных и органических удобрений выявляют оплату единицы органических удобрений (O_o , ц/т) и рассчитывают прибавку урожая (U_o , ц/га), обусловленную внесением органических удобрений (D_o , т/га):

$$U_o = O_o D_o. \quad (68)$$

Урожай картофеля при совместном использовании органических и минеральных удобрений определяют по формуле

$$U_{дву} = БЦ + O_y D_{д.в.} + O_o D_o. \quad (69)$$

Например, балл пашни (Б) дерново-подзолистой суглинистой почвы равен 60, цена балла (Ц) — 260 кг клубней картофеля. За счет эффективного плодородия почвы без дополнительных затрат на внесение удобрений можно получить 150 ц/га клубней ($U_{эф} = 60 \cdot 250$ кг).

Окупаемость 1 кг NPK минеральных удобрений составляет в среднем 30 кг клубней. При использовании 300 кг/га NPK за счет туков возможно собрать 90 ц/га картофеля. Так как 1 т навоза позволяет получить 0,1 ц клубней, то при внесении его в норме 60 т/га урожай клубней составит 60 ц/га. Общая масса урожая, которая может быть обеспечена по этим показателям, будет равна $U_{дву} = (60 \cdot 250 \text{ кг}) + (30 \text{ кг/га NPK}) + (0,1 \text{ ц/т} \cdot 60 \text{ т/га}) = 300 \text{ ц/га}$.

Задача специалистов состоит в том, чтобы получить показатели бонитета почв по зонам с учетом потенциальной продуктивности сортов картофеля и отзывчивости их на удобрение. Тогда можно успешно программировать урожай культуры, особенно при сочетании с индустриальной технологией ее возделывания.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Картофель возделывают с применением комплекса высокопроизводительных машин, обеспечивающих получение не менее 250—300 ц/га клубней с низкой себестоимостью.

Индустриальная технология возделывания культуры включает ряд особенностей, которые заключаются в следующем:

- размещение посадок в специализированных севооборотах;
- возделывание на высококультуренных рыхлых почвах (предпосадочное послойное рыхление, нарезка гребней и др.);
- формирование посадок с оптимальной густотой насаждений и фитометрическими показателями;
- применение расчетных норм минеральных и органических удобрений на запрограммированный урожай;
- оптимизация водного режима почв — использование двустороннего регулирования влагообеспеченности посевов (орошение и осушение);

внутрихозяйственное семеноводство интенсивных сортов, пригодных к машинной уборке;

интегрированная система защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, обеспечивающая высокое качество семенного и продовольственного картофеля;

бестарно-поточная посадка и уборка урожая;

хранение семенного материала без осенней сортировки в хранилищах при активном вентилировании.

В таблице 252 приведена технология получения 300 ц/га клубней картофеля.

252. Индустриальная технология возделывания картофеля (урожайность 300 ц/га)

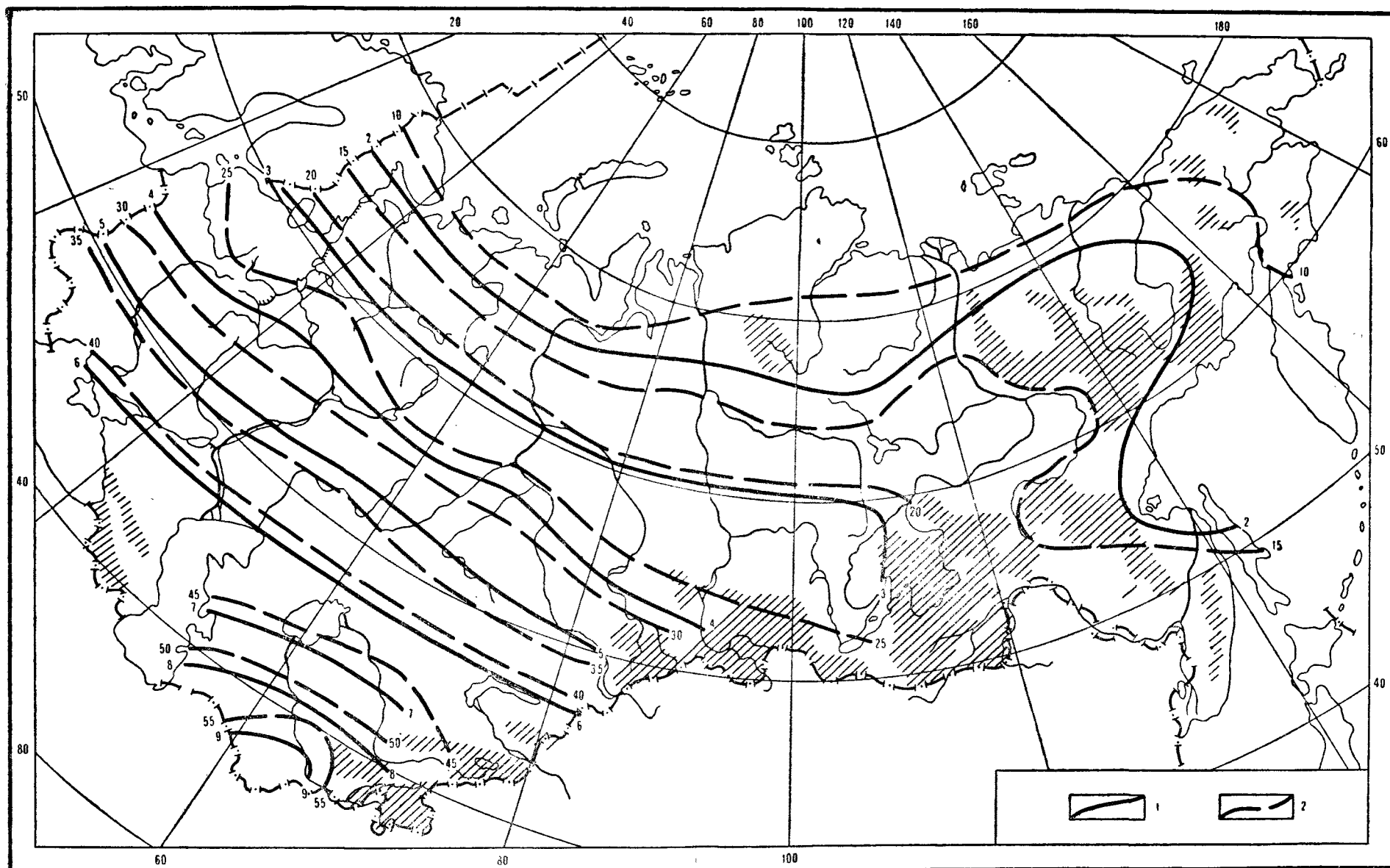
Основной агроприем	Агротехнические требования
1	2
Предшественник	Озимые яровые, зернобобовые, кукуруза, лен, пласт многолетних трав, картофель
Основная обработка почвы	Лущение жнивья на глубину 5—6 см дисковыми лущильниками ЛДГ-10 в агрегате с трактором ДТ-75М Дискование после уборки многолетних трав и кукурузы на глубину 5—6 см боронами БДН-3 в агрегате с трактором ДТ-75М. Вспашка на глубину 24—25 см с почвоуглубителями ПЛН-4-35П в агрегате с трактором ДТ-75М. При появлении сорняков дискование на глубину 8—10 см боронами БДН-3 или боронование БЗСС-1,0
Предпосевная обработка	Боронование зяби в 2 следа боронами БЗСС-1,0 на глубину 6—8 см. При необходимости проводят культивацию на глубину 10—12 см культиватором КПС-4 в агрегате с трактором ДТ-75М Внесение органических удобрений (75—80 т/га) РОУ-5 и минеральных удобрений 1-РМГ-4 (азота — 110, фосфора — 105 и калия — 140 кг/га д.в.) Перепашка зяби ПЛН-4-35 с одновременным боронованием БЗСС-1,0 в агрегате с трактором ДТ-75М. Нарезка гребней с шириной междурядий 70 см
Посадка	Клубни высаживают при температуре почвы 7—8 °С на глубину 5—6 см в нарезанные гребни сеялкой СН-4Б в агрегате с трактором МТЗ-80. Густота посадки — не менее 57—60 тыс/га при массе клубней 50—80 г и 65—70 тыс/га — 25—50 г. Против тлей клубни обрабатывают сайфосом (2—2,5 кг/т) или фосфамидом (2—2,5 л/га). Протравливание семенных клубней пестицидами проводят непосредственно в сошнике сажалки при посадке. Для протравливания используют нитрафен (60%-ная паста) — 1—1,5 кг/га препарата. Для повышения эффективности обработки в рабочий раствор протравителя добавляют медный купорос (0,01—0,02%), борную кислоту (0,05%) и марганцовокислый калий (0,01%)

Продолжение

1	2
	Последовательность посадки: ранние сорта, позднеспелые, среднеспелые. Глубина посадки клубней — 6—8 см
Уход за посевами	До появления всходов на 5—6-й день после посадки проводят первую культивацию культиватором-окучником КОН-2,8ПМ с одновременным боронованием сетчатой бороной БСО-4 в агрегате с трактором МТЗ-80. Вторая обработка необходима по мере появления сорняков (агрегат тот же) Для довсходовых обработок культиваторы укомплектовывают долотами, 2- или 3-ярусными стрельчатыми лапами, ротационными боронами. При таком наборе рабочих органов исключается повреждение мелкопосаженных клубней Конструкция новых рабочих органов исключает забивание их даже при влажной почве и обеспечивает эффективное уничтожение проростков сорняков и активное рыхление почвы За 3—4 дня до появления всходов картофеля вносят гербициды: линурон — 4—6 кг/га, арезин — 3—6 кг/га, дикотекс (2М-4Х) — 0,8—1,5 кг/га ОПШ-15 в агрегате с трактором МТЗ-80 После дождя рыхление междурядий выполняют теми же агрегатами, что и довсходовое, исключая подпружиненные ротационные боронки. Всего проводят 2—3 после дождя обработки: при последней перед смыканием ботвы выполняют высокое окучивание КОН-2,8ПМ в агрегате с трактором МТЗ-80 Для борьбы с колорадским жуком в момент его выхода из почвы проводят краевые обработки посевов. При массовом появлении личинок вредителя посадки опрыскивают хлорофосом — 1—1,5 кг/га, полихлоркамфеном — 1,6—3 кг/га, дихлором — 0,3—0,6 кг/га Борьбу с фитофторозом начинают после появления всходов, когда высота растений достигает 15—20 см, используя медьсодержащие препараты. Истребительные меры целесообразны при появлении первых признаков болезни. Пораженные посадки обрабатывают контактными препаратами с интервалом 7—10 дней. Количество опрыскиваний доводят до 5—6. В том случае, если после опрыскивания до начала дождя прошло менее 6—8 ч, обработку сразу же повторяют Эффективная борьба против фитофтороза обеспечивается при применении 25%-ного ридомила (0,8 кг/га) в смеси с одним из контактных препаратов (2 кг/га). Ридомил ПК (72%-ный) используют без контактного препарата при норме расхода 2,5 кг/га. Периоды между обработками составляют 14—16 дней Против фитофтороза используют также купрозан (2,4 кг/га)

Продолжение

1	2
	В критический период развития растений — клубнеобразование в августе — при недостатке влаги необходимы поливы. Поливы проводят дождевальными машинами ДДН-70 нормой 250—300 м³/га В сумме за 2—3 полива оросительная норма составляет 500—900 м³/га Уборка Скашивают ботву за 2—7 дней до уборки в зависимости от чувствительности сорта к повреждениям. Междурядья рыхлят за 2—3 дня. Для десикации применяют 10%-ный раствор хлората магния при норме расхода 400—800 л/га в сухую и жаркую погоду — 400—500, во влажную — 600—800 л/га. В сухую погоду ботву опрыскивают за 4—5 дней, в холодную и влажную — за 7—10 дней до начала уборки. Основной способ уборки — поточный (грунтовая работа комбайнов с сортировальными пунктами) Для повышения производительности комбайнов применяют комбинированный способ: на переувлажненных почвах — раздельный. На легких почвах используют копатель-погрузчик Е-684 Сортируют клубни непосредственно после уборки, при наличии стационарных сортировальных пунктов — после промежуточного хранения



СУММА ОСВЕЩЕННОСТИ В МЛН. ККАЛ (1) И ПРИХОД ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ В ККАЛ/СМ² (2) ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД