

Глава 14. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

14.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Эффективность удобрений обеспечивается при применении их по научно обоснованной системе с учетом конкретных почвенных и климатических условий, особенностей питания культур, вида севооборота, используемой агротехники, состава и свойств удобрений и многих других факторов.

Систему удобрения можно рассматривать на уровне хозяйства, в севообороте или на другом объекте использования удобрений (в защищенном грунте, многолетних насаждениях, на лугах и пастбищах) и системе удобрения отдельных культур.

Система удобрения хозяйства имеет целью рациональное использование удобрений и охрану окружающей среды. Она включает следующие элементы: накопление, приобретение, хранение и учет удобрений; рациональное распределение удобрений по объектам использования; подготовка, транспортировка и внесение удобрений; контроль за действием удобрений и учет их агрономической и экономической эффективности. Количество системы удобрения сельскохозяйственных культур в хозяйстве характеризуется объемом органических (в тоннах) и минеральных (в кг д.в.) удобрений в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий. Например, на 1 га сельскохозяйственных угодий в среднем за год 10 т органических удобрений и 215 кг NPK, из них 70 кг азота, 60 – фосфора и 85 кг – калия.

Качественно системе удобрения хозяйства характеризуют показатели агрономической и экономической эффективности использования удобрений. Об уровне агрономической эффективности удобрений в целом по хозяйству судят по окупаемости прибавкой урожая всех культур (в кормовых единицах) 1 т органических и 1 кг д.в. минеральных удобрений (сумма NPK). К показателям экономической эффективности относятся условный чистый доход с 1 га, а также окупаемость затрат, связанных с применением удобрений.

Система удобрения в севообороте – это научно обоснованный многолетний план применения удобрений с уче-

том плодородия почв, предшественников, погодных условий, биологических особенностей растений и сортов, состава и свойств удобрений. В плане применения удобрений в севообороте предусматривается оптимальное их распределение между культурами севооборота с целью повышения плодородия почвы и получения плановых урожаев всех культур севооборота, а также предотвращения загрязнения окружающей среды.

Аналогичны цели систем удобрения других объектов использования удобрений (луга, пастбища, лесополосы и др.).

Количественно системе удобрения севооборота характеризует средний объем (на 1 га) удобрений, вносимых ежегодно и за ротацию севооборота (в последнем случае говорят о насыщенности севооборота удобрениями). Минеральные удобрения учитываются в килограммах д.в. NPK, органические – в пересчете на стандартный навоз (в тоннах). Качественно система удобрения севооборота характеризуется окупаемостью 1 кг д.в. минеральных удобрений и 1 т органических удобрений урожая всех культур севооборота (в пересчете на кормовые единицы). Система удобрения севооборота разрабатывается на ротацию лугов, пастбищ, многолетних насаждений и др. – на период их использования.

Система удобрения культуры предусматривает определение потребности в органических и минеральных удобрениях, выбор видов и форм удобрений, установленных сроков и способов их внесения, оплату удобрений прибавкой урожая. Количественно ее характеризует объем (доза) внесения удобрений за период вегетации (в тех же, что и для севооборота, единицах измерения), качественно – оплата 1 кг д.в. NPK или 1 т органических удобрений прибавкой урожая (в кг).

14.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

14.2.1. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ

Для определения потребности растений в элементах питания за вегетацию пользуются понятием "вынос питательных элементов урожаем". Количественно вынос

питательных элементов может рассчитываться исходя из биологического урожая или на единицу урожая основной продукции с учетом соответствующего количества побочной продукции (солома, ботва). Максимум накопления элементов питания растением приходится на начало созревания, позже их становится меньше вследствие опадения листьев, оттока питательных элементов из корней в почву и т.д.

Количество питательных элементов, которое потребляется растениями для создания биологической массы урожая (зерно, солома, пожнивно-корневые остатки, а также питательные элементы, частично переходящие из корней в почву), называют биологическим выносом питательных элементов с урожаем. Он подразделяется на хозяйственный вынос и остаточный. *Хозяйственный вынос* — это та часть биологического выноса питательных элементов, которая уносится с поля с продукцией (с зерном и соломой, корнеплодами и ботвой). Если солома или ботва остались в поле, то питательные элементы, содержащиеся в них, не учитываются в хозяйственном выносе (табл. 14.1). *Остаточная часть выноса* — это питательные элементы, оставшиеся на поле с пожнивно-корневыми остатками, опавшими листьями, просыпанными зерном и полевой, а также перешедшие из корней в почву. На остаточный вынос приходится значительная, а иногда и большая часть питательных элементов, которые были использованы растениями для создания урожая.

14.1. Хозяйственный вынос N , P_2O_5 и K_2O урожаем сельскохозяйственных культур, % от биологического

Культура	N	P_2O_5	K_2O
Многолетние травы (клевер с тимopheевкой)	48	48	52
Клевер первого года пользования	40	40	50
Клевер второго года пользования	40	40	47
Однолетние травы (вика, горох с овсом)	61	68	66
Зерновые	75	79	64
Картофель	71	72	79
Кукуруза на силос	80	82	71
Кормовые бобы на силос	76	85	70
Томаты	66	72	86
Огурцы	53	60	58
Капуста беокочанная	55	49	38
Лук-репка	67	73	80
Капуста цветная	25	21	27

Хотя хозяйственный вынос питательных элементов является только частью биологического и не отражает потребности в них растений, но так как остаточный вынос питательных элементов остается в поле и постепенно становится доступным для растений, то для характеристики потребности растений в питательных элементах используют величину хозяйственного выноса в расчете на единицу основной продукции (тонна, центнер) с учетом соответствующего количества побочной. С помощью этого показателя и определяют дозы внесения удобрений. Величина этого показателя у разных и тех же культур существенно различается (в 1,5 раза и более) в зависимости от почвенных условий, сорта, уровня урожайности, объемов внесения удобрений, условий орошения. Удельный вынос питательных элементов на торфяных почвах выше, чем на минеральных, о чем свидетельствуют данные табл. 14.2 и 14.3. Вынос питательных элементов единицей основной продукции, как правило, увеличивается при внесении удобрений, причем в большей степени возрастает вынос калия, затем — азота и в меньшей степени — фосфора. С увеличением доли побочной продукции повышается и общая величина показателя. При неблагоприятном влиянии на растение одного или нескольких факторов внешней среды также может увеличиваться вынос питательных элементов в расчете на единицу продукции. В оптимальных условиях роста и развития растения более экономно расходуют элементы питания.

14.2. Вынос азота, фосфора, калия, кальция, магния и серы с 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг (минеральные почвы)

Культура	Вид продукции	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S*
Озимая пшеница	Зерно	2,82	1,08	1,92	0,47	0,31	0,50
Озимая рожь	"	2,80	1,21	2,33	0,41	0,31	0,60
Яровая пшеница	"	3,04	1,16	2,47	0,32	0,24	0,60
Яровая ячмень	"	2,91	1,19	2,74	0,48	0,30	0,50
Овес	"	2,59	1,24	2,86	0,42	0,33	1,20
Гречиха	"	3,75	1,98	4,82	0,81	0,34	0,80
Просо	"	3,10	1,21	3,20	0,36	0,18	1,20
Зерновые (в среднем, без проса)	"	3,00	1,21	3,00	0,48	0,30	0,66
Люпин	"	8,43	1,99	4,40	1,88	0,85	1,42
Пелюшка	"	6,36	2,49	3,56	2,18	0,80	1,64
Горох	"	5,89	1,40	2,90	2,40	0,48	1,05
Бобы кормовые	"	7,10	1,81	3,21	2,50	0,74	1,19
Сераделла	"	7,10	1,82	3,21	2,10	0,87	1,20

Культура	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S*
Зернобобовые (в среднем)	Зерно	6,77	1,90	3,57	2,14	0,66	1,21
Лен-долгунец (волоконно)	"	5,81	2,29	7,30	1,50	0,78	1,60
Сахарная свекла	Корни	0,40	0,16	0,65	0,16	0,12	0,16
Кормовая свекла	"	0,35	0,11	0,79	0,09	0,08	0,10
Кукуруза	"	0,55	0,15	0,70	0,10	0,09	0,12
Морковь кормовая	"	0,30	0,10	0,40	0,09	0,08	0,10
Турнепс	"	0,50	0,15	0,60	0,08	0,07	0,20
Брюква кормовая	"	0,30	0,10	0,45	0,09	0,07	0,12
Корнеплоды (в среднем)	"	0,40	0,13	0,60	0,10	0,08	0,12
Картофель	Клубни	0,54	0,16	1,07	0,22	0,11	0,08
Кукуруза на силос	Зеленая масса	0,33	0,12	0,42	0,06	0,05	0,09
Однолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	0,45	0,13	0,43	0,09	0,06	0,05
То же	Сено	1,74	0,54	2,59	0,46	0,29	0,25
Однолетние злаковые травы	"	1,39	0,55	2,54	0,69	0,28	0,25
Однолетние бобовые травы	Зеленая масса	0,28	0,11	0,51	0,14	0,06	0,05
То же	Сено	2,28	0,56	1,80	1,72	0,46	0,27
Многолетние бобово-злаковые травы	"	1,73	0,54	2,57	1,30	0,48	0,25
То же	Зеленая масса	0,35	0,11	0,51	0,24	0,09	0,05
Многолетние злаковые травы	Сено	1,49	0,45	2,41	0,49	0,20	0,20
То же	Зеленая масса	0,30	0,09	0,48	0,10	0,04	0,04
Многолетние бобовые травы	Сено	2,14	0,51	2,22	1,53	0,76	0,31
То же	Зеленая масса	0,43	0,10	0,44	0,30	0,15	0,06
Сенокосы	Сено	1,61	0,49	2,20	0,95	0,41	0,20
То же	Зеленая масса	0,32	0,10	0,44	0,20	0,08	0,04
Пастбища	Сено	1,94	0,59	2,43	1,00	0,50	0,23
То же	Зеленая масса	0,39	0,12	0,49	0,20	0,10	0,05
Раст. яровой	"	0,45	0,16	0,54	0,30	0,12	0,08
Раст. озимый	Зеленая масса	0,40	0,13	0,60	0,28	0,11	0,07
Релька масличная	"	0,50	0,16	0,30	0,16	0,10	0,06
Озимая рожь	"	0,45	0,10	0,40	0,12	0,06	0,03
Озимый рапс	Семена	5,80	2,90	8,60	0,52	0,19	0,33
Яровой рапс	"	5,50	3,00	7,00	0,51	0,20	0,35

Культура	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S*
Многолетние бобовые травы	Семена	26,00	6,50	20,00	1,91	0,90	0,52
Многолетние злаковые травы	"	19,00	7,00	20,00	0,41	0,35	0,60
Кукуруза	Зерно	3,00	1,20	3,30	0,50	0,31	0,61
Плодовые деревья	Плоды	0,50	0,16	0,16	-	-	-
Ягодники	Ягоды	0,91	0,30	0,96	-	-	-
Капуста	Кочаны	0,40	0,10	0,45	0,58	0,20	0,20
Томаты	Плоды	0,35	0,10	0,40	0,30	0,17	0,10
Огурцы	"	0,30	0,14	0,40	0,15	0,10	0,07
Лук	Луквица	0,40	0,15	0,45	0,20	0,11	0,20
Овощи (в среднем)	Товарный продукт	0,40	0,15	0,45	0,42	0,15	0,15
Зеленные овощи	"	0,30	0,10	0,45	-	-	-
Растениеводческая продукция на 1 ц. ед.	К. ед.	2,10	0,80	2,20	0,81	0,43	0,45

* Значения определены расчетным путем.

14.3. Вынос азота, фосфора и калия с 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг (торфяные почвы)

Культура	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	Зерно	3,46	1,60	4,42
Озимая рожь	"	3,31	1,67	4,79
Яровая пшеница	"	4,59	1,50	5,19
Ячмень яровой	"	4,03	1,40	4,38
Овес	"	4,00	1,64	4,26
Кукуруза	"	4,35	1,33	4,35
Смеси однолетних трав	Зеленая масса	0,57	0,13	0,50
Вино-овсяная смесь	"	0,51	0,12	0,64
Горохо-овсяная смесь	"	0,66	0,14	0,60
Пестико-овсяная смесь	"	0,53	0,12	0,42
Люпиновые смеси	"	0,60	0,15	0,43
Райграс однолетний	Сено	2,00	0,70	0,40
Однолетние злаковые травы	"	2,40	0,72	0,31

Большинство сельскохозяйственных культур выносит азота больше, чем калия и фосфора. Из зерновых по выносу азота на первом месте пшеница, затем идут ячмень, озимая рожь, овес. Гречиха выносит много азота и значительно больше, чем зерновые колосовые, калия, из бобовых больше всего выносит калия люпин. Следом за ним по

убывающей располагаются горох, пелюшка, кормовые бобы, сераделла. Картофель, сахарная и кормовая свекла, многолетние злаковые травы, овощные культуры выносят калия больше, чем азота. Так, если N , P_2O_5 и K_2O в урожае зерновых соотносятся, в среднем, как 1:0,4:1, то в урожае кормовых как 1:0,32:1,5, многолетних злаковых трав — 1:0,3:1,6, многолетних бобово-злаковых трав — 1:0,3:1,49, овощных культур (в среднем) 1:0,37:1,2.

В создании урожая растения используют питательные элементы не только из удобрений, а также из запасов почвы. Степень усвоения питательных элементов из почвы и из удобрений принято выражать коэффициентами.

Количество питательного элемента в пахотном слое (0–20 см) определяют, умножая содержание его по картограмме (мг/кг почвы) на коэффициент пересчета (последний равен 3 при плотности почвы 1,5 г/см³, 2,8 — при плотности 1,4 г/см³, 2,6 — при 1,3 г/см³; для торфяных почв коэффициент пересчета равен 0,5). Например, если по картограмме содержание фосфора в подвижной форме составляет 150 мг в 1 кг минеральной почвы, то запасы его в пахотном слое будут равны 450 кг/га (150х3).

Доля потребленного из запасов почвы питательного элемента от общего количества его подвижных форм в пахотном слое на 1 га выражается коэффициентом (в процентах или десятичной дробью), который рассчитывается по формуле $K_n = a/v \cdot 100$, где a — количество элемента питания, выносимое с урожаем на удобренном почве, кг/га; v — содержание подвижной формы элемента питания в пахотном слое, кг/га.

Коэффициенты использования питательных элементов из почвы меняются в зависимости от биологических особенностей культуры, плодородия почвы, погодных условий, уровня агротехники и др. Чем выше содержание элемента питания в почве в доступной форме, тем ниже коэффициент его использования растениями. Коэффициенты использования питательных элементов выше в условиях орошения (в 1,5–2 раза), а также при внесении органических, минеральных удобрений и известковых материалов, усиливающих доступность питательных элементов из почвы. Кроме того, коэффициенты учитывают усвоение питательных элементов из пахотного слоя, а растения могут использовать их и из более глубоких слоев. Все это затрудняет использование коэффициентов для расчета доз удобрений.

Средние значения коэффициентов использования питательных элементов растениями из дерново-подзолистых почв приводятся в табл. 14.4. На торфяно-болотных почвах сельскохозяйственные культуры усваивают из запасов почвы 10–20% (в среднем 15%) фосфора и 30–50% (в среднем 40%) калия.

14.4. Коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами P_2O_5 и K_2O из дерново-подзолистых почв, %

Культуры	P_2O_5	K_2O
Зерновые, зернобобовые, однолетние и многолетние травы	6	10
Лен-долгунец	3	6
Кукуруза на силос	5	20
Картофель, сахарная и кормовая свекла, овощные культуры	7	20–25
Сенокосы	5	20
Раст. ировой, рыльца масличная	6	10

Использование растениями азота почвы зависит от содержания в ней гумуса и уровня его минерализации. По данным БелНИИЦА, в Беларуси в расчете на 1% гумуса сельскохозяйственные культуры из почвы усваивают в среднем 20–25 кг/га азота, т.е. при содержании гумуса в почве 2% может быть усвоено 40–50 кг/га азота. Коэффициенты использования питательных элементов промежуточными посевами меньше, так как вегетационный период их значительно короче (75–60 дней). В расчете на 1% гумуса промежуточные посевы используют примерно 10–12 кг/га азота, 3–4% подвижных форм фосфатов и 5–6% калия.

Степень усвоения растениями элемента питания, выносимого с удобрением, выражается *коэффициентом использования питательных элементов из удобрений*, который рассчитывается по данным полевых опытов с удобрениями (чаще разностным методом) по следующей формуле: $K_v = [(B - B_0) : C] \cdot 100$, где B_v — вынос питательного элемента с урожаем на удобренном участке, кг/га; B_0 — вынос питательного элемента с урожаем на контрольном (неудобренном) участке, кг/га; C — количество питательного элемента, внесенное с удобрением, кг/га.

Такой способ расчета коэффициента имеет серьезный недостаток, так как условно принимается, что при внесении удобрений количество используемых растениями пи-

тательных элементов из почвы не изменяется, хотя это не так. Кроме того, правильнее было бы определять коэффициент использования элемента питания растениями из удобрений на фоне других питательных элементов, чем в сравнении с абсолютным контролем (без внесения удобрений). Более точно коэффициент можно определить только изотопным методом.

Коэффициенты использования растениями элементов питания из удобрений варьируют в меньших пределах, чем коэффициенты использования элементов из почвы. Но и они существенно изменяются в зависимости от свойств почвы, биологических особенностей культур, погодных условий, форм удобрений, способа их внесения и др. Так, коэффициенты меньше при больших дозах удобрений и высокой кислотности почвы, при сплошном внесении удобрений по сравнению с локальным. Из трудно-растворимых форм удобрений (фосфоритная мука) питательные элементы усваиваются растениями в меньшей степени, чем из водорастворимых форм. Примерно одинаково ($K_y = 15-20\%$) растения усваивают фосфор из суперфосфатов, аммофоса, аммофосфата, суперфоса и не сколько лучше из ЖКУ. На легких почвах фосфор из минеральных удобрений усваивается лучше, чем на связных.

Из минеральных удобрений на кислых почвах плохо используются растениями азот и фосфор. Известкование почвы повышает использование из удобрений азота и фосфора, но снижает степень усвоения калия (проявляется antagonизм ионов кальция и калия). В нормальные по увлажнению годы азот и калий из удобрений используются лучше, чем в засушливые.

Средние значения коэффициентов использования питательных элементов из органических и минеральных удобрений при нормальных условиях выращивания приводятся в табл. 14.5.

На второй год из минеральных удобрений используется 2-3% азота, на третий - 1-1,5% от внесенного, всего же во второй и последующие годы - около 8-10% по сравнению с годом внесения. Поэтому при расчете доз удобрений коэффициент использования азота из минеральных удобрений в первый год принимается 60-70%, без учета последующих лет.

Влияние питательных элементов пожнивных и корневых остатков также учитывается при разработке системы

14.5. Коэффициенты (степень) использования питательных элементов растениями из органических и минеральных удобрений, %

Год действия	Навоз									Торфянонавозные компосты (1:2)			Минеральные удобрения		
	подстилочный			полужидкий			жидкий			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	N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
Основные культуры севооборота															
1-й год	20-25	25-30	50-60	30-35	30-35	50-60	45-50	35-40	60-65	15-20	20-25	45-50	60-70	15-20*	50-60
2-й год	20	10-15	10-15	15-20	10	10	15-20	10	10	20	10-15	10-15	-	10-15	15-20
3-й год	10	5	-	10	5	-	5	5	-	10	5	-	-	5	-
За ротацию севооборота	50-55	40-50	60-75	55-65	45-60	60-70	65-75	50-55	70-75	45-50	35-40	55-65	60-70	30-40	65-80
Промежуточные посевы															
1-й год	20	15	45	25	15	50	30	20	55	-	-	-	40-45	10-15	40-45

* При сплошном внесении вразброс; при локальном внутрипочвенном внесении - 30-35%.

удобрений в севообороте (табл. 14.6). Минерализация остатков, особенно бобовых культур, протекает интенсивно, и коэффициенты использования из них растениями питательных элементов примерно такие же, как из органических удобрений. Прежде всего, учитывается влияние пожнивных и корневых остатков на азотное питание растений. Из пожнивных и корневых остатков бобовых последующие культуры используют за три года соответственно 20-25, 15-20 и 5-10% содержащегося в них азота. Так, если в пожнивных и корневых остатках клевера при урожае сена 40 ц/га на 1 га содержится около 120 кг азота (3,0 · 40 = 120), а первой культурой (зерновыми) используется 25% азота, т.е. 30 кг, это позволит повысить урожайность примерно на 1 т/га. Это количество азота эквивалентно используемому из 50 кг/га минеральных удобрений: 30:60 · 100 = 50 кг (60 — коэффициент использования азота растениями из минеральных удобрений).

14.6. Количество поживно-корневых остатков в пахотном слое и содержание в них питательных элементов на дерново-подзолистых почвах

Культура	Урожайность, ц/га	Количество сухих пожнивных и корневых остатков, на 1 ц основной продукции, кг	Содержание питательных элементов в пожнивных и корневых остатках, кг на 1 ц основной продукции		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Клевер 1-го и 2-го года пользования (сено)	21-30	1,5	3,2	0,90	1,6
	31-40	1,4	3,0	0,85	1,5
	41-60	1,3	2,8	0,80	1,4
Бобово-злаковые многолетние травы (клевер + тимopheвка) 1-го и 2-го года пользования (сено)	61-70	1,2	2,6	0,70	1,3
	21-30	1,5	2,9	1,10	2,5
	31-40	1,4	2,8	1,00	2,3
Тимофеевка 1-го и 2-го года пользования (сено)	61-70	1,2	2,4	0,90	2,0
	21-30	1,6	2,9	1,33	3,7
	31-40	1,5	2,7	1,25	3,5
Озимые зерновые (зерно)	41-60	1,4	2,5	1,10	3,2
	61-70	1,3	2,3	1,00	3,0
	16-20	1,5	0,90	0,41	1,6
	21-25	1,4	0,85	0,38	1,5
	26-30	1,3	0,75	0,35	1,4
	31-35	1,2	0,72	0,32	1,25
	более 36	1,1	0,65	0,30	1,15

Продолжение табл. 14.6

Культура	Урожайность, ц/га	Количество сухих пожнивных и корневых остатков, на 1 ц основной продукции, кг	Содержание питательных элементов в пожнивных и корневых остатках, кг на 1 ц основной продукции		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровые зерновые (зерно)	11-20	1,3	0,91	0,44	1,95
	21-30	1,2	0,84	0,41	1,80
	31-35	1,1	0,77	0,37	1,65
Горох (зерно)	35-40	1,0	0,70	0,34	1,50
	более 40	0,9	0,63	0,30	1,35
	11-20	1,3	2,35	0,47	1,43
Кукуруза на силос (зеленая масса)	21-30	1,2	2,17	0,43	1,32
	31-35	1,1	2,00	0,40	1,21
	150-250	0,14	0,09	0,040	0,22
Картофель (клубни)	251-350	0,12	0,07	0,030	0,19
	351-400	0,10	0,06	0,026	0,15
	более 400	0,09	0,05	0,020	0,14
Люпин на зеленую массу	101-200	0,13	0,09	0,03	0,32
	201-300	0,12	0,08	0,025	0,30
	300	0,11	0,07	0,02	0,27
Люпин на семена (зерно)	101-150	0,19	0,66	0,14	0,38
	151-200	0,18	0,63	0,13	0,36
	201-300	0,17	0,60	0,12	0,34
Дюпин на семена (зерно)	более 300	0,16	0,56	0,11	0,32
	11-15	4,4	5,3	1,32	7,20
	16-20	4,3	5,15	1,29	7,00
	21-25	4,2	5,00	1,26	6,90
	26-30 и более	4,1	4,9	1,23	6,70

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое система удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте?
2. Каковы физиологические основы определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях?
3. Чем различаются биологический и хозяйственный вынос питательных элементов?
4. Что влияет на использование растениями питательных элементов из почвы?
5. От чего зависит использование растениями питательных элементов из органических и минеральных удобрений?
6. Назовите средние коэффициенты использования питательных элементов растениями из почвы, органических и минеральных удобрений.

7. Как рассчитываются коэффициенты использования питательных элементов растениями из почвы и удобрений?

8. Как учитываются пожнивные и корневые остатки сельскохозяйственных культур при определении доз удобрений?

14.2.2. ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

На эффективность удобрений прежде всего влияют биологические особенности культур, сложившиеся в процессе эволюции видовые особенности питания различных растений. Различают несколько периодов поступления питательных элементов в растение за вегетационный период. Первый период — прорастание семян, всходы и 10–15 дней после всходов. В это время корневая система растений развивается слабо, и они чрезвычайно чувствительны как к недостатку питательных элементов в доступной форме (особенно фосфора), так и к высокой их концентрации в почве. При прорастании семян в почве должна быть невысокая концентрация элементов питания в доступной форме, а фосфор должен преобладать над азотом и калием. Для большинства растений период прорастания и 10–15 дней после всходов являются критическими по отношению к фосфору.

В следующий период у растений усиленно развивается и формируется вегетативная масса, у некоторых растений образуются плоды (огурцы, салат, капуста), корневая система хорошо развита, интенсивно потребляются и накапливаются питательные элементы.

Снижение потенциала питательных элементов чаще всего происходит во время образования репродуктивных органов. Поступление питательных элементов снижается, но интенсивность процессов синтеза по-прежнему остается высокой. Наблюдается регулялизация, т.е. повторное использование в биосинтезе уже поглощенных элементов и отток их из листьев к репродуктивным органам (местам отложения). В конце вегетации часть элементов питания растений теряется с опавшими листьями и в результате оттока из корневой системы в почву.

Разные культуры и сорта имеют разные по продолжительности периоды вегетации и различные по интенсивности поглощения элементов питания этапы роста и развития. У льна, конопли, яровых зерновых самый короткий период вегетации. Яровые зерновые основное количество питательных элементов поглощают в период от кущения

до колошения. Лен-долгунец потребляет к началу бутонизации (через семь недель после всходов) 60% азота, 50% фосфора и 70% калия, при этом около половины этого количества питательных элементов усваивается в первые 10 дней быстрого роста; от начала бутонизации и до конца цветения (за три недели) поглощается 40% азота, 50% фосфора и 30% калия. Конопля три четверти элементов питания поглощает в период от начала бутонизации до начала цветения. Под эти культуры удобрения лучше вносить до или во время посева, подкормки малоеффективны, так как внести удобрения летом в зону корней без повреждения растений невозможно.

У свеклы, картофеля, кукурузы, капусты, огурцов, лука, моркови период вегетации больше, и максимальное количество элементов питания они поглощают во второй половине роста и развития. Поэтому на посевах этих культур кроме основного внесения удобрений проводят подкормки с заделкой азотных и калийных удобрений в зону активных корней.

Существуют и *сортные особенности* потребления питательных элементов. Среднеспелые сорта картофеля к фазе цветения потребляют азота, фосфора и калия в 1,5–2 раза меньше, чем ранние сорта, поэтому подкормка последних менее эффективна.

Культуры с коротким вегетационным периодом и скороспелых сортов более требовательны к условиям питания, лучше отзываются на внесение удобрений в легкодоступной форме. Культуры с продолжительным периодом вегетации и поздних сортов менее требовательны, лучше используют питательные элементы из органических удобрений, запасов почвы и труднодоступных форм удобрений. Сорта интенсивного типа лучше отзываются на высокий агрофон и на высокие дозы удобрений и плохо растут, дают низкий урожай на бедных почвах.

Сельскохозяйственные культуры по-разному относятся к высоким концентрациям почвенного раствора. Хорошо их переносят озимые рожь и пшеница, ячмень, овес, картофель, капуста, помидоры. Под них можно вносить полную дозу минерального удобрения одновременно с посевом (посадкой), а также заделывать удобрения в запас на два-три года. Нельзя вносить полные дозы удобрений при посеве и в запас под лен, горох, кукурузу, свеклу, огурцы, морковь, землянику.

На эффективность удобрений влияют тип почвы, гра-

пулометрический состав, реакция среды, содержание в почве гумуса, подвижных форм фосфатов и калия, влагообеспеченность, степень эродированности и др. Влияние многих из них уже рассматривалось в главах об удобрениях. Здесь мы остановимся только на некоторых.

На эффективность удобрений существенно влияет водный режим почвы. При недостаточном увлажнении резко снижается эффективность азотных и калийных удобрений. Для фосфорных удобрений уровень влагообеспеченности имеет несколько меньшее значение, чем для азотных и калийных. Недостаток влаги в июне-июле приводит к снижению урожая картофеля — до 20–90 ц/га, снижение урожайности зерновых культур при недостатке влаги в июне — первой декаде июля достигает 2–10 ц/га. Для озимых зерновых очень важно хорошее снабжение влагой в период всходов. При увеличении запасов продуктивной влаги в почве в слое 0–20 см в сентябре от 20 до 60 мм урожайность растет, свыше 60 мм — падает.

С учетом количества осенне-зимних осадков корректируются дозы азотной весенней подкормки озимых на минеральных почвах без орошения (рис. 14.1) и в допосевном внесении под яровые зерновые культуры (рис. 14.2). На графиках различные сочетания осенних и зимних осадков образуют зоны I–III. Количество осадков за осенний период K_{0-90} откладывается на вертикальной оси графика, за зимний и ранневесенний периоды K_{90-300} — по горизонтальной. Пересечение перпендикуляров от точек количества осадков располагается в одной из зон графика с соответствующей поправкой к расчетной дозе азота. Зона II отражает условия увлажнения для дозы азота с учетом предшествующих агрохимических свойств почвы, состояния посевов и т.д. для запланированного урожая.

Если точка пересечения количества осадков попадает в зону I, то доза азота уменьшается; если в зону III, то увеличивается (но не выше определенного для заданного уровня урожайности верхнего предела дозы). Дозы фосфорных и калийных удобрений корректируются по скорректированным дозам азотных удобрений. Если прогнозируется засушливое лето, соотношение удобрений изменяется в сторону увеличения фосфорных и калийных.

Урожайность ячменя возрастает при увеличении количества осадков в фазах кущения — колоснения с 70 до 120 мм и уменьшается, если осадков выпало свыше 120 мм или меньше 20 мм.

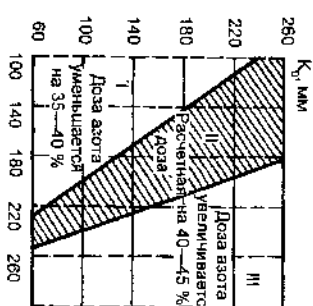


Рис. 14.1. Поправки к расчетным дозам весенней подкормки озимых зерновых культур в зависимости от количества осадков за осенне-зимний период.

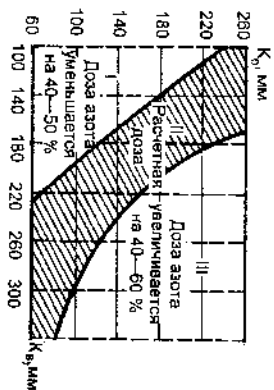


Рис. 14.2. Поправки к расчетным дозам азотных удобрений (по формуле $P_{40-80} K_{40-80}$) под яровые зерновые культуры в зависимости от количества осадков в осенне-зимний период.

На эффективность удобрений существенно влияют агротехнические условия возделывания растений, прежде всего: известкование почв и степень окультуренности полей (повышение содержания органического вещества, улучшение водного и воздушного режимов); дренаж избыточно увлажненных торфяных и минеральных почв; борьба с сорняками, вредителями и болезнями растений; оптимальные сроки сева, высокопродуктивные сорта, прогрессивные приемы обработки почвы.

Агротехнические условия эффективности удобрений легче соблюдать в условиях севооборотов, так как при правильном чередовании культур полное используются питательные элементы удобрений. В севообороте легче и успешнее можно проводить борьбу с сорняками, вредителями и болезнями растений, можно планировать внесение удобрений в запас, учитывать предшественник.

Важным агротехническим требованием эффективности удобрений являются оптимальные сроки сева. Запоздывание с посевом яровых зерновых культур на 5 дней снижает эффективность полного минерального удобрения на 10%, на 10 дней — на 13, на 15 дней — на 35, на 20 дней — на 45%. Почти так же меняется эффективность полного минерального удобрения при нарушении сроков сева озимых зерновых. При высоких температурах воздуха в периоды посев — кущение и кущение — колоснение значительно снижается урожай ячменя.

На эффективности удобрений сказывается *неравномерность их распределения по полю и несоблюдение нормативного соотношения азота, фосфора и калия*. При неравномерности внесения азотных удобрений 60–80% урожайность снижается на 45–50%, фосфорных – на 20–25, сложных – на 30–35%. При разбросном внесении удобрений неравномерность не должна превышать 15%. Отклонение от оптимального соотношения азота, фосфора и калия, внесенных с удобрениями, на 10% приводит к недобору 2–3% урожая, отклонение на 20% – 9–11%, при отклонении соотношения на 50% недобирается 60–80% урожая.

На эродированных почвах вносят значительно большие дозы удобрений, чем на незэродированных. Для слабоэродированных почв дозы азотных удобрений увеличивают до 20%, на землях, где преобладают среднеэродированные почвы, – на 30–50%, на сильноэродированных почвах – на 50–100%. Дозы фосфорных и калийных удобрений, определенные по картограммам, на слабоэродированных почвах увеличивают на 20–30%, средне- и сильноэродированных почвах – на 30–60%.

Вопросы для самоконтроля

1. Как влияют биологические особенности питания культур на эффективность удобрений?
2. Какие из почвенных условий оказывают влияние на эффективность удобрений?
3. Что такое критический период поступления питательных элементов в растения?
4. Как связаны влагообеспеченность почв и эффективность удобрений?
5. Расскажите о влиянии на эффективность удобрений агро-технических условий возделывания культур, равномерности внесения удобрений и соотношения между основными элементами питания.

14.2.3. РАСЧЕТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Определение доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры – одна из главных задач агрохимии. Дозы должны обеспечивать получение высокого урожая хорошего качества при повышении или сохранении достигнутого уровня плодородия почв и не представлять опасности для окружающей среды.

При определении доз удобрений учитывают величину планируемого урожая, его качество, вынос элементов питания растениями, биологические и сортовые особенности возделываемых культур и их отзывчивость на удобрения, содержание в почве доступных для растений питательных элементов, предшествующие культуры, их агротехнику.

Для определения доз минеральных удобрений в агрохимической практике используются следующие методы: **балансовые** – на основе данных выноса урожаем питательных элементов и коэффициентов их использования из почвы и удобрений (коэффициентов замещения выноса);

по результатам полевых опытов с применением поправочных коэффициентов на агрохимические свойства почв, а также с учетом действия других факторов, определяющих эффективность удобрений;

нормативные – по нормативам затрат минеральных удобрений на единицу урожая или на прибавку урожая; **математические** – на основе производственных функций в системе "почва – растение – удобрение".

целенаправленного регулирования плодородия почв. Все методы расчета доз удобрений можно разделить на *две группы*: рассчитанные на *получение планируемых урожаев сельскохозяйственных культур* и *используемые для проведения комплексного агрохимического окультуривания полей*. В первом случае в методиках расчетов применяются коэффициенты использования питательных элементов из почвы и удобрений, коэффициенты замещения выноса, нормативы затрат удобрений, производственные функции.

Дозы минеральных удобрений D (кг/га) с применением коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы рассчитываются по формуле

$$D = \frac{100UB - PK_n}{K_y},$$

где U – планируемая урожайность, т/га; B – нормативный вынос элементов с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг; P – содержание питательных элементов в пахотном слое почвы, кг/га; K_n и K_y – коэффициенты использования питательных элементов соответственно из почвы и удобрений, %.

Для расчета доз минеральных удобрений по коэффициентам, возмещения выноса используется следующая формула:

$$D = \frac{UBK_a}{1000}$$

где K_a — коэффициент возмещения выноса, %; $K_a = D_{opt} : B$ (D_{opt} — оптимальная доза минеральных удобрений по результатам полевых опытов, кг/га; B — вынос питательных элементов в оптимальном варианте, кг/га).

При использовании нормативов затрат удобрений на единицу урожая дозу рассчитывают по следующей формуле:

$$D = UN_1K,$$

где N_1 — нормативы затрат удобрений на единицу урожая, кг/ц; K — поправочный коэффициент на содержание подвижного фосфора и калия в почвах (определяется региональными институтами для конкретных почвенно-климатических условий; при расчете доз азотных удобрений $K = 1$).

Формула для расчетов доз удобрений по нормативам затрат на единицу прибавки урожая:

$$D = U N_2 K,$$

где U — планируемый прирост урожайности за счет удобрений, ц/га; N_2 — нормативы затрат удобрений на единицу прибавки урожая, кг/ц.

Использование автоматизированных систем управления (АСУ) сельскохозяйственным производством позволяет применить методы определения оптимальных доз удобрений на основе математического моделирования (производственных функций) с использованием информации о количественной зависимости урожайности от доз удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях. В Беларуси по обобщенным методом респексионного анализа данным 120 полевых опытов с удобрениями, проведенных в 1970–1980 гг., были рассчитаны производственные функции, позволяющие определить оптимальные дозы азотных удобрений в зависимости от агрохимических свойств почвы: урожайности, содержания гумуса и подвижных форм фосфатов.

При расчете доз удобрений для агрохимического

окультуривания полей преследуется цель довести содержание питательных элементов в почве до оптимальных или заданных параметров. При этом используются нормативы изменения их содержания на 10 мг на 1 кг для различных типов почв, установленные на основании длительных полевых опытов с удобрениями.

Общую дозу фосфорных и калийных удобрений за ротацию севооборота или другой период времени рассчитывают по формуле:

$$D = 0,1(C_1 - C_2)H,$$

где C_1 и C_2 — соответственно планируемое и фактическое содержание питательных элементов в почве, мг/кг; H — нормативная доза питательного элемента сверх выноса его с урожаем для увеличения содержания на 10 мг/кг почвы, кг/га.

Приведем примеры расчета доз фосфорных удобрений различными методами. *Исходные данные:* почва дерново-подзолистая легкосуглинистая; содержание подвижного фосфора — 120 мг/кг (300 кг/га); культура — озимая пшеница; планируемая урожайность — 40 ц/га; коэффициент использования фосфора из удобрений — 20%, из почвы — 10%; вынос фосфора с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции — 10,8 кг; коэффициент возмещения выноса при урожайности 40 ц/га и указанном содержании фосфора в почве — 210%; норматив затрат P_2O_5 в расчете на 1 ц урожайности — 2,8 кг; норматив затрат P_2O_5 сверх компенсации вынесенного с урожаем для увеличения содержания фосфора в почве на 10 мг/кг — 49 кг. Расчет доз по:

коэффициентам использования фосфора из почвы и удобрений:

$$D = \frac{100UB - ПК_u}{K_y} = \frac{100 \cdot 40 \cdot 10,8 - 300 \cdot 10}{15} = 88 \text{ (кг / га);}$$

коэффициентам возмещения выноса:

$$D = \frac{UBK_a}{1000} = \frac{40 \cdot 10,8 \cdot 210}{1000} = 91 \text{ (кг / га);}$$

нормативам затрат удобрений на единицу урожая:

$$D = UN_1K = 40 \cdot 2,8 = 112 \text{ (кг/га);}$$

при комплексном агрохимическом окультуривании полей для повышения содержания P_2O_5 в почве за пятилетний период от 120 до 200 мг/кг:

$$D = 0,1(C_1 - C_2)H = 0,1(200 - 120) \cdot 49 = 392 \text{ (кг/га)},$$

или ежегодно 78 кг/га (392:5).

Чаще других используется балансовый метод определения доз минеральных удобрений с использованием коэффициента возврата.

14.3. ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ЭВМ

Система применения удобрений в севообороте — это план применения органических и минеральных удобрений, в котором предусматриваются их виды, дозы, сроки внесения и способы заделки под отдельные сельскохозяйственные культуры в зависимости от почвенно-климатических и других условий.

До 1977 г. планы применения удобрений под сельскохозяйственные культуры агрономы хозяйства Бетаруси рассчитывали вручную, используя для определения доз удобрений специальные таблицы, разработанные Т. Н. Кулаковской. Достижения агрохимической и почвенной науки позволили перейти на компьютерное составление планов применения удобрений. С 1977 г., представляя в Республиканский вычислительный центр исходные данные, все хозяйства стали получать планы применения удобрений, разработанные на ЭВМ. Это позволило перейти к дифференцированному распределению удобрений по полям, что способствовало повышению эффективности их использования, а также целенаправленному регулированию почвенного плодородия. В настоящее время методика и компьютерные программы для расчета системы удобрения усовершенствованы с учетом новых агрохимических разработок в области плодородия почв, питания растений, технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Компьютерные программы разработаны для персональных ЭВМ. Хозяйства и фермеры могут заказывать разработку плана применения удобрений в областных проектно-

исследовательских станциях по химизации сельского хозяйства или, используя программу, составлять его самостоятельно на ПЭВМ.

Для разработки системы удобрения сельскохозяйственных культур на ПЭВМ используются новейшие данные полевых опытов с удобрениями на различных почвах в основных почвенно-климатических зонах, а также данные агрохимического обследования почв (содержание подвижных форм макро- и микроэлементов, органического вещества, реакции почвы).

Для расчета системы удобрения сельскохозяйственных культур на ПЭВМ используются следующие входные документы: *Размещение посевов и планируемый урожайность сельскохозяйственных культур; Количество и ассортимент минеральных удобрений* (табл. 14.7, 14.8).

В форме "Размещение посевов..." указываются данные по полям и входящим в них элементарным участкам (площадь и номера) и возделываемым на них сельскохозяйственным культурам с указанием планируемой урожайности, сведения о предшественнике и внесении органических удобрений под предшественник и удобряемую культуру. Агрохимические свойства почв удобряемых участков (рН в КСl, содержание P_2O_5 , K_2O , гумуса, меди, бора, цинка) берутся из банка данных.

Разрабатываемый на ПЭВМ план применения удобрений включает: потребность в минеральных удобрениях на планируемый урожай; корректировку ее с учетом ресурсов удобрений в хозяйстве; распределение физических объемов минеральных удобрений в зависимости от форм; потребность в микроудобрениях.

Дозы азотных, фосфорных, калийных удобрений рассчитываются балансовым методом с использованием коэффициентов возмещения выноса. Коэффициент возмещения выноса питательных элементов дозы удобрения ($D_{\text{опт}}$) по результатам полевых опытов (кг/га д.в.) к выносу питательных элементов урожаем ($V_{\text{опт}}$) в оптимальном варианте ($K_v = D_{\text{опт}} : V_{\text{опт}}$). Аналогичные коэффициенты применяются в странах Западной Европы (Германия, Польша). Величина коэффициентов возмещения зависит от типа и транзюметрического состава почв, запасов в них фосфора и калия, биологических особенностей культур. В память ЭВМ введены коэффициенты возмещения для 108 сель-

14.7. Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 19 ____ год
 Хозяйство (землепользователь) _____ Район _____ Область _____
 Площадь сельхозугодий _____ га

№ строки	Площадь поля (рабочего участка), га	Номера элементарных участков, входящих в поле (рабочий участок)	Предшественник			Возделываемая культура				
			Код культуры	Внесение органических удобрений		Код вегетации	Код культуры	Планируемая урожайность, ц/га	План внесения органических удобрений	
				код удобрения	доза, т/га				код удобрения	доза, т/га
0000	000,0		00	0000	000	0	000	0000,0	0000	000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

14.8. Количество и ассортимент минеральных макро- и микроудобрений, подлежащих распределению

Хозяйство _____ Район _____

Область _____ Код хозяйства _____

Виды и формы удобрений	Код удобрения	Количество	
		кг д. в.	Физический вес, кг
Азотные (наличие, всего)	00	000000	0000000
Формы:			×
Фосфорные (наличие, всего)			×
Формы:			×
Калийные (наличие, всего)			×
Формы:			×
Микроудобрения (наличие, всего)			

схозяйственных культур. Отдельные из них приведены в табл. 14.9, 14.10.

Дозы азотных удобрений (D_N) рассчитываются по формуле:

$$D_N = \left[\frac{B_N \cdot U \cdot K_v}{1000} - (N_o T_o + N_1 T_1) \right] - K_x,$$

где B_N – нормативный вынос элемента с урожаем (10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции), кг; U – планируемая урожайность, ц/га; K_v – коэффициент возмещения выноса азота, %; N_o – доза органических удобрений, внесенная под возделываемую культуру, т/га; T_o – количество азота, используемое растениями из 1 т органических удобрений в год их внесения, кг; N_1 – доза органических удобрений, внесенная под предшествующую культуру, т/га; T_1 – количество азота, используемое растениями из 1 т органических удобрений на второй год после внесения, кг; K_x – поправка, учитывающая предшествующую культуру (если предшественником были многолетние и однолетние бобовые травы $K_x = 20$ кг/га, бобово-злаковые травосмеси и зернобобовые – $K_x = 10$ кг/га).

14.9. Коэффициенты возмещения азота на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных
на морене почвах, % к выносу

Культура	Урожай- ность, т/га	Воз- врат азота, %	Урожай- ность, т/га	Воз- врат азота, %	Урожай- ность, т/га	Воз- врат азота, %	Урожай- ность, т/га	Воз- врат азота, %	Урожай- ность, т/га	Воз- врат азота, %
Озимая пшеница, озимая рожь	2,0-3,0	110	3,1-4,0	100	4,1-5,0	90	5,1-6,0	70	6,1-8,0	55
Ячмень, овес, гречиха	2,0-3,0	95	3,1-4,0	85	4,1-5,0	75	5,1-6,0	60	6,1-8,0	50
Картофель	15-20	120	21-25	110	26-30	100	31-40	90	41-50	75
Сахарная свекла	10-20	130	21-30	120	31-40	110	41-50	100	51-60	85
Лен (волокно)	3,0-5,0	70	5,1-7,0	65	7,1-9,0	60	9,1-11,0	55	11,1-16,0	45
Сенокосы улучшенные	20-30	140	31-40	130	41-60	120	61-80	110	81-120	95
Пастбища культурные (зеленая масса)	100-200	120	201-300	110	301-400	100	401-500	90	501-600	75

14.10. Коэффициенты возмещения фосфора и калия на дерново-подзолистых суглинистых
и супесчаных на морене почвах, % к выносу

Культура	Урожай- ность, т/га	Возврат при содержании P_2O_5 в почве, мг/кг					Возврат при содержании K_2O в почве, мг/кг				
		менее 100	101- 150	151- 200	201- 300	301- 400	менее 80	81- 140	141- 200	201- 300	301- 400
Озимая пшеница	2,0-3,0	260	220	200	130	-	220	180	165	105	-
	3,1-4,0	250	210	190	125	55	200	165	150	95	40
	4,1-5,0	240	200	180	120	50	180	150	135	85	35
	5,1-6,0	220	180	160	110	45	160	135	120	75	30
	6,1-8,0	200	170	150	100	40	140	120	110	65	25

Продолжение табл. 14.10

Озимая рожь	2,0-3,0	240	200	180	120	-	200	160	145	90	-
	3,1-4,0	230	190	170	110	50	180	145	130	85	35
	4,1-5,0	220	180	160	105	45	160	130	115	80	30
	5,1-6,0	190	160	140	100	40	140	115	105	70	25
	6,1-8,0	180	150	130	90	35	120	100	90	60	25
Ячмень	2,0-3,0	220	180	160	110	-	140	120	110	70	-
	3,1-4,0	200	170	150	100	45	130	110	100	65	30
	4,1-5,0	190	160	140	95	40	120	100	90	55	25
	5,1-6,0	180	150	130	90	35	110	90	80	50	25
	6,1-8,0	170	140	120	80	30	100	80	70	40	20
Картофель	15-20	370	310	280	190	75	100	90	80	55	20
	21-25	340	280	250	170	70	90	80	70	50	20
	26-30	310	260	230	160	65	80	70	60	40	15
	31-40	280	230	210	140	60	70	60	50	35	15
	41-50	250	210	190	130	55	60	50	40	30	10
Сахарная свекла	10-20	300	250	220	150	65	260	220	200	130	55
	21-30	270	230	210	140	60	240	200	180	120	50
	31-40	250	210	190	130	55	220	180	160	110	45
	41-50	230	190	170	120	50	200	160	145	100	40
	51-60	220	180	160	110	45	180	140	125	90	35
Лен (волокно)	3,0-5,0	650	540	490	320	140	160	130	120	70	30
	5,1-7,0	600	500	450	300	130	150	120	110	65	30
	7,1-9,0	550	460	410	280	120	140	110	100	60	25
	9,1-11,0	500	420	380	250	110	120	100	90	55	25
	11,1-16,0	470	390	350	230	100	100	90	80	50	20

Формула для расчета доз фосфорных удобрений $D_{P_2O_5}$:

$$D_{P_2O_5} = \left[\frac{V_{P_2O_5} \cdot U_{K_{ph}}}{1000} - (N_0 T_0 + N_1 T_1) \right] \cdot K_{ph},$$

где K_{ph} – коэффициент корректировки дозы в зависимости от кислотности почв (при pH менее 5 $K_{ph} = 1,2$, pH 5,1–5,5 $K_{ph} = 1,1$).

Формула для расчета доз калийных удобрений D_{K_2O} :

$$D_{K_2O} = \left[\frac{V_{K_2O} \cdot U_{K_{ph}}}{1000} - (N_0 T_0 + N_1 T_1) \right] \cdot K_{ph} \cdot K_{рац},$$

где $K_{рац}$ – коэффициент корректировки доз в зависимости от кислотности почв. Применяется при расчете доз подлен, картофель, люпин (при pH 5,6–6 $K_{рац} = 1,1$, при pH 6,1–7 $K_{рац} = 1,2$); $K_{рац}$ – коэффициент корректировки доз в зависимости от уровня радиационного загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90. На минеральных почвах с содержанием K_2O менее 200 мг/кг, на торфяно-болотных – менее 600 мг/кг с плотностью загрязнения цезием-137 более 5 Ки/км², стронцием-90 – более 0,3 Ки/км² $K_{рац} = 1,5$.

Коэффициенты возмещения выноса азота рассчитаны с учетом влияния азотных удобрений на урожай и качество продукции. Поскольку зависимость между уровнем удобрений и урожайностью носит нелинейный характер, при расчете доз выделяется зона оптимального азота, обеспечивающая высокие урожаи при хорошем качестве продукции. С учетом этого введены экологические ограничения доз азотных удобрений (табл. 14.11). Оптимальные дозы азота при сбалансированном внесении фосфорных и калийных удобрений обеспечивают урожайность зерновых культур 60–80 ц/га, картофеля – 350–400, кормовых корнеплодов – 800–1000, капусты – 800, свеклы столовой и моркови – 600, томатов, огурцов, лука и зеленных – 350 ц/га. Более высокий уровень урожайности должен быть получен не увеличением доз азотных удобрений, а за счет повышения почвенного плодородия, комплексного применения удобрений, средств защиты растений и регуляторов роста, совершенствования агротехнических приемов, улучшения сортов и т.д.

Для регулирования содержания элементов питания в почвах и более эффективного использования фосфорных и калийных удобрений при разработке системы удобрения

294

14.11. Предельно допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры

Культура	Органические удобрения, т/га (фон)	Максимально допустимая годовая доза азота, кг/га д.в.
Озимые зерновые	20–30	120
Яровые зерновые	–	120
Картофель	60–70	120
Сахарная свекла	70–80	150
Кормовая свекла	75–100	180
Кукуруза (зеленая масса)	60–70	150
Многолетние злаковые травы (сено)	–	180
Капуста	70	150
Свекла столовая	40	120
Морковь	–	90
Томаты	40	120
Огурцы	120	90
Лук-репка	40	90
Зеленные	40	60

культур на ПЗВМ используются теоретические принципы оптимизации фосфатного и калийного режимов почв, разработанные И. М. Богдановичем (1992).

На почвах с содержанием P_2O_5 и K_2O 200–300 мг/кг дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются таким образом, чтобы компенсировать вынос этих элементов с урожаем, при более высоких запасах фосфора и калия (300–400 мг/кг почвы) – чтобы обеспечить питание растений легкодоступными фосфором и калием в начальный период развития (10–30 кг/га P_2O_5 или K_2O). При содержании в почве фосфора и калия более 400 мг/кг применение фосфорных и калийных удобрений не предусматривается. На бедных почвах (менее 200 мг/кг) дозы фосфора и калия должны обеспечивать планируемый урожай сельскохозйственных культур и повышение содержания этих элементов на 10–40 мг/кг почвы за ротацию пятипольного севооборота.

Опыты с озимыми зерновыми культурами показывают, что на почвах с невысоким уровнем плодородия эффективно предпосевное внесение азотных удобрений. Поэтому на ЗВМ отдельно рассчитываются дозы для осеннего внесения азота (30% от общей). Его используют в следующих случаях: при возделывании озимых зерновых на дер-

ново-подзолистых суглинчатых почвах с содержанием гумуса менее 2%, супесчаных и песчаных – менее 1,8%; при размещении после небобовых предшественников; если действие или последствие органических удобрений (под предшественник или озимую культуру) менее 20 кг/га азота. Несоответствие любому из перечисленных пунктов исключает необходимость осеннего внесения азота под озимые зерновые культуры.

Агроном хозяйства может уточнить дозу азота для осеннего внесения по данным почвенной диагностики, весеннего – по данным растительной.

Расчетные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры корректируются с учетом имеющихся в хозяйстве видов и форм удобрений. Дозы фосфорных и калийных удобрений корректируются исходя из приоритетности слабообеспеченных почв, азотных – в соответствии с общим коэффициентом обеспеченности. При распределении конкретных форм и видов минеральных удобрений учитываются особенности почвенных условий и культур. Алгоритм распределения предусматривает подбор наиболее эффективной формы каждого вида удобрения под приемную культуру по основным срокам внесения. Разработан специальный справочник приоритетных форм минеральных удобрений для 12 основных групп сельскохозяйственных культур: озимые зерновые, озимые крестоцветные; яровые зерновые, яровые зерновые подсевома, кукуруза; лен, конопля, зернобобовые, бобово-злаковые смеси на зеленую массу; гречиха; картофель; сахарная и кормовая свекла, турнепс, кукуруза; семенники крестоцветных; овощи открытого грунта; многолетние злаковые травы (семена, сено), сенокосы; однолетние и многолетние бобовые травы; пастбища; сады, ягодники. Например, для озимых зерновых культур лучшими формами удобрений для основного внесения являются аммофос, аммофосфат, ЖКУ, суперфосфат, суперфос, для первой ранневесенней подкормки – КАС, КАС с медью, селитра аммиачная, карбамид, сульфат аммония, для второй подкормки в период начала трубкования – КАС с медью, селитра аммиачная, карбамид, КАС.

Система удобрения сельскохозяйственных культур, рассчитанная на ЭВМ, содержит рекомендации по применению жидких, борных, цинковых и микробенных микроудобрений. Основные способы внесения микроудобрений – за-

14.12. Система удобрения сельскохозяйственных культур

Наименование строк	Доза органического удобрения, т/га		Основное + припосевное, кг/га									Подкормки азотом (первая, вторая), кг/га			Микроэлементы (в почву, кг/га; некорневые подкормки, г/га)			
			азот			фосфор			калий									
	культура	предшественник	форма	действующего вещества	физическая масса	форма	действующего вещества	физическая масса	форма	действующего вещества	физическая масса	форма	действующего вещества	физическая масса	бор	медь	цинк	молибден
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Бригада поле рабочий участок площадь – га картофель рН, P₂O₅, K₂O, мг/кг гумус, %

Требуется
Вносятся с органическими удобрениями
Потребность в минеральных удобрениях поля №
Выделено минеральных удобрений с учетом ресурсов
Формы удобрений
Всего по полю, ц

легка под вспашку или культивацию и некоторые подкормки (молибденовые микроудобрения только в некорневую подкормку). Дозы микроудобрений для почвенного внесения рассчитываются, если по содержанию микроэлемента почва относится к первой группе обеспеченности (табл. 9.1). На почвах второй группы обеспеченности проводятся некорневые подкормки, при высоком и избыточном содержании микроэлементов в почвах (III, IV группы) микроэлементы не вносятся.

Внесение борных удобрений предусматривается на дерново-подзолистых, дерново-глебовых и торфяных почвах под лен, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, зернобобовые, картофель, крестоцветные, семенные посевы многолетних бобовых трав; медьсодержащих удобрений — на дерново-подзолистых и торфяных почвах под озимые и яровые зерновые, картофель, многолетние злаковые травы; цинковых удобрений — на дерново-подзолистых почвах под кукурузу, лен, многолетние бобовые и злаковые травы; молибденовых — на дерново-подзолистых почвах на семенных посевах многолетних бобовых трав. Дозы и сроки внесения микроудобрений для этих культур приведены в табл. 9.3. При расчете конкретной дозы учитывается потребление растениями микроэлементов из органических удобрений.

В расчетах, сделанных для хозяйства, указываются дозы органических удобрений, планируемые для внесения под предшественник, а также оптимальные дозы минеральных макро- и микроудобрений в основное внесение и в подкормки (табл. 14.12).

Общее количество удобрений по полям и есть *потребность хозяйства в минеральных удобрениях*. В выходном документе расчетные дозы минеральных удобрений регистрируются с учетом имеющихся в хозяйствах видов и форм удобрений. Дозы микроудобрений для внесения в почву приводятся в кг/га д.в., для некорневой подкормки — в граммах д.в. на 1 кл.

Вопросы для самоконтроля

1. С учетом каких факторов рассчитываются дозы минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на ЭВМ?
2. Как определяются коэффициенты возмещения выноса элементов питания? Как они изменяются в зависимости от уровня планируемой урожайности и содержания в почвах фосфора и калия?

298

3. Каким образом распределяются минеральные удобрения по культурам и полям по ассортименту?

4. Назовите основные принципы определения потребности сельскохозяйственных культур в микроэлементах.

14.4. БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Определение баланса питательных элементов является научной основой планирования и прогнозирования изменений минеральных удобрений, распределения их между районами и хозяйствами, позволяет целенаправленно регулировать плодородие, предохранять окружающую среду от загрязнения теми или иными элементами. Баланс основных элементов питания отражает степень интенсивности сельскохозяйственного производства.

Баланс элементов питания в системе "удобрение — почва — растение" оценивается по разности между суммарным их количеством, поступившим в почву и отчужденным из нее. Таким образом, баланс питательных элементов в почве состоит из приходной и расходной частей. В приходную часть баланса входит поступление *питательных элементов в почву с удобрениями, семенами, из атмосферы*, в том числе азот, продуцируемый клубеньковыми бактериями бобовых культур (симбиотический) и свободноживущими бактериями — азотфиксаторами (несимбиотический азот). Расходная часть баланса включает хозяйственный вынос питательных элементов (с увозимой с поля частью урожая), потери элементов питания из почвы и удобрений с поверхностными водами и от вымывания, эрозии, испарения (газообразные потери).

В результате сельскохозяйственного использования почвы претерпевают существенные изменения, при этом изменяется интенсивность процессов превращения и миграции элементов питания, потребления и отчуждения их растениями. Величина потребления и потерь элементов питания зависит от гранулометрического состава и степени окультуренности почвы, характера ее сельскохозяйственного использования, вида, доз и сроков использования удобрений, агротехнических приемов и других условий. Это делает необходимым периодическое уточнение приходных и расходных статей баланса элементов питания. Для объективной характеристики степени обеспеченности планиру-

10а*

299

емых урожаев элементами питания целесообразно иметь балансовые расчеты не менее чем за 5 лет.

Различают несколько видов баланса питательных элементов: *биологический* (или полный, или экологический), *внешнехозяйственный* и *хозяйственный*.

Биологический баланс дает полное представление о кругообороте элементов, так как учитывает все источники поступления питательных элементов в почву (с удобрением, из атмосферы, биологический азот) и все статьи расхода элементов питания.

При **внешнехозяйственном балансе** сопоставляются количество питательных элементов, отчуждаемое с территории хозяйства с товарной продукцией растениеводства и животноводства, и поступление их с минеральными удобрениями, комбикормами, органическими удобрениями, приобретаемыми хозяйством (торф, сапропели, лигнин, торфо-навозные компосты и др.). На внешнехозяйственный баланс влияет специализация хозяйства. Так, в хозяйствах, специализирующихся на производстве продукции животноводства и использующих собственные корма, с органическими удобрениями в почву возвращается 80–90% калия, 60–70% фосфора и 40–50% азота, вынесенных с кормами. В хозяйствах зернового направления с территории хозяйства отчуждается 60–80% азота, 70–85% фосфора и 15–35% калия от вынесенных урожаем.

Для характеристики баланса используется показатель **интенсивности баланса** — отношение поступления элементов питания к их расходу. Интенсивность баланса выражается в процентах или коэффициентах. Величина интенсивности баланса менее 100% характеризует дефицитный, 100% — бездефицитный и более 100% — положительный баланс. Интенсивность биологического баланса по азоту, фосфору и калию на пашне в Беларуси в сумме за 1976–1980 гг. была 139%, в том числе по азоту — 131, фосфору — 166, калию — 137%.

Дефицитный баланс питательных элементов (превышение расхода над поступлением) предупреждает о том, что происходит истощение почв, снижение их плодородия. Оптимально, если поступление азота в целом превышает его расход на 10–15%, фосфора — на 50–80 и калия — на 10%.

Отчуждение из сферы сельскохозяйственного производства азота, фосфора и калия с товарной продукцией растениеводства и животноводства необходимо в полной мере компенсировать внесением минеральных удобрений.

Хозяйственный баланс питательных элементов состав-

ляется для оценки системы применения удобрений по степени обеспеченности планируемых урожаев элементами питания. Приведем методику его расчета, разработанную БелНИИПА. *Примечание статьи баланса*: поступление питательных элементов с минеральными удобрениями; с органическими удобрениями; симбиотический азот; с семенами; с атмосферными осадками; несимбиотический азот. *Расходные статьи баланса* элементов питания: вынос планируемыми урожаями; потери от вымывания (выщелачивания); потери от эрозии почв; газообразные потери азота. Количество **питательных элементов, поступающих с минеральными удобрениями**, определяют по дозам для культур и находят *среднее значение на 1 га севооборотной площади*. Поступление с **органическими удобрениями** находят по *насыщенности севооборота органическими удобрениями*.

Пример. Насыщенность органическими удобрениями в севообороте — 12 т/га. С 1 т навоза крупного рогатого скота на соломенной подстилке поступает в почву 5,2 кг азота (табл. 14.13), а с 12 т — 62,4 кг, фосфора — 31,2 кг (2,6·12), калия — 74,4 кг (6,2·12).

14.13. Поступление питательных элементов с органическими удобрениями (по данным В. А. Тихазова), кг/т

Вид органических удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S*
Навоз КРС на соломенной подстилке	5,2	2,6	6,2	4,0	2,0	5,2
Навоз КРС на торфяной подстилке	6,2	2,0	5,3	4,0	2,0	5,0
Компост торфонавозный:						
1:1	5,7	2,3	5,2	4,0	2,0	4,0
1:2	3,3	1,8	3,2	4,0	2,0	3,5
Навоз подстиличный и компосты (в среднем)	5,1	2,1	5,0	4,0	2,0	4,4
Навоз КРС жидкий	2,4	1,2	3,0	1,0	0,5	1,0
Навоз свиной жидкий	2,8	0,9	1,8	1,0	0,5	1,0
Навоз КРС полужидкий	3,7	1,7	4,3	2,0	1,0	2,2
Помет птичий	15,0	14,0	5,0	17,0	5,0	14,0
Компост торфопометный:						
1:1	10,2	8,2	3,0	10,0	3,1	10,0
1:2	12,2	10,0	4,0	11,5	4,0	11,0

* Значения определены расчетно.

Для определения количества биологического азота используют данные о величинах фиксированного из атмосферного азота, остающегося в почве после бобовых растений. Так, в расчете на 1 ц сена в почве остается симбиотического азота, сверх усвоенного растениями: после многолетних бобовых трав — 1 кг, после многолетних бобово-злаковых смесей — 0,6 кг, после однолетних бобовых трав на 1 ц зеленой массы — 0,24 кг. Бобово-злаковые травы улучшенных сенокосов и пастбищ на 1 ц зеленой массы оставляют в почве 0,12 кг азота.

Пример. В севообороте площадью 900 га люпин занимает 100 га, клевер — 100 га. Урожайность зеленой массы люпина — 200 ц/га, клевера (сено) — 45 ц/га. После люпина в почве остается на 1 га 48 кг азота (200·0,24), а на 100 га — 4800 кг. После клевера на 1 га остается 45 кг азота, на 100 га — 4500 кг. Сумма оставшегося после люпина и клевера азота делит на площадь пашни в севообороте и находят среднее количество симбиотического азота на 1 га: (4800 кг + 4500 кг) : 900 = 10,3 кг.

С семенами, по данным БелНИИПА, в среднем поступает 3 кг/га N, 1,5 — P₂O₅, 2 — K₂O, 0,3 — CaO, 0,1 — MgO, 0,2 кг/га S. С атмосферными осадками поступает 5 кг/га N, 0,1 — P₂O₅, 7,0 — K₂O, 22,0 — CaO, 3 — MgO и 11 кг/га S. Поступление азота, фиксированного свободноживущими бактериями, при расчете баланса на пахотных и лугопастбищных угодьях принимается на уровне 10 кг/га в год.

При расчете расходов статей баланса вначале определяют вынос питательных элементов планируемыми урожаями, используя данные табл. 14.2, затем определяются значения выноса основных питательных элементов в среднем на 1 га севооборотной площади. Потери элементов питания от вымывания (выщелачивания) и от эрозии почв приведены в табл. 14.14.

Газообразные потери азота на пахотных и лугопастбищных угодьях колеблются в пределах от 10 до 50% от внесенного с удобрениями. В атмосферу выделяются молекулярный азот, закись, окись и двуокись азота, аммиак. По данным БелНИИПА, в Беларуси в среднем улетучивается 25% азота, внесенного с минеральными и органическими удобрениями. По каждому элементу рассчитывается средневзвешенный показатель потерь с учетом количества эродированных почв в хозяйстве.

Пример. Из 2850 га пашни хозяйства 201 га — слабоэродированные почвы, 105 — средне- и 98 га — сильноэро-

14.14. Потери элементов питания от вымывания и эрозии на пахотных почвах (по данным БелНИИПА, БелНИИЗК), кг/га

Почва	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Потери от вымывания						
Дерново-подзолистые:						
суглинистые	5	—	7	50	14	14
супесчаные на морене	16	—	8	92	24	24
супесчаные на песке	18	—	15	100	30	28
и песчаные	14	—	10	104	16	15
Торфяно-болотные	14	—	10	104	16	15
Потери от эрозии						
Степень эродированности почв:						
слабая	10	2	5	15	2	2
средняя	20	4	10	20	5	4
сильная	30	8	20	25	8	6

дированные почвы. Средневзвешенный показатель потерь азота от эрозии в расчете на 1 га пашни будет равен (10·201 + 20·105 + 30·98) : 2850 = 2,5 (кг/га). На сенокосах и пастбищах потери элементов питания от вымывания и эрозии не учитываются. Сумма по статьям расхода показывает расход элементов питания в среднем на 1 га севооборотной площади.

Сопоставив приход с расходом, находят общий баланс и его интенсивность. Например, приход по азоту на 1 га равен 115 кг, а расход — 90 кг, т.е. общий баланс будет +25 кг/га (115—90), а интенсивность баланса составит 127% [(115:90) — 100].

Общий баланс основных питательных элементов (азот, фосфор, калий) принято считать удовлетворительным, когда его интенсивность приблизительно равна: по азоту — 100—110%, по фосфору — 150—180, по калию — 100—110%. По данным БелНИИПА, такие значения интенсивности баланса в производственных условиях обеспечивают продуктивность пашни на уровне 50—60 ц/га к.ед.

По результатам длительных стационарных полевых опытов, БелНИИПА рекомендует оптимальные параметры интенсивности баланса фосфора и калия в зависимости от содержания их в почвах (табл. 14.15). По данным БелНИИПА и других научных учреждений, фосфор из почвы практически не вымывается и не запыляет грунтовые воды. Поэтому при расчетах баланса потери фосфатов не учитываются.

14.15. Оптимальная интенсивность баланса в зависимости от обеспеченности почв фосфором и калием

Содержание в почве, мг/кг	P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Интенсивность баланса, %	Содержание в почве, мг/кг	Интенсивность баланса, %	
100	300-350	80	150-180	
101-150	230-250	81-140	130-140	
151-200	150-180	141-200	100-125	
201-300	60-100	201-300	80-100	
301-400	40-50	300	50-60	

Наряду с общим рассчитывается и эффективный баланс, который характеризует отношение между выносом растениями элементов питания и возможным их усвоением из доступных в почве. Применен коэффициент изпользования питательных элементов из удобрений, находит величину возможного их усвоения. Сопоставив величину возможного усвоения питательных элементов с выносом урожаем, получим характеристику эффективного баланса.

Пример. На 1 га севооборотной площади внесено 60 кг азота с минеральными удобрениями, с атмосферными осадками поступило 5 кг, всего — 65 кг, из них усвоится 60%, т.е. 39 кг. С органическими удобрениями поступит 70 кг азота и еще 20 кг биологического (по 10 кг симбиотического и несимбиотического), всего 90 кг/га азота. В первый год будет усвоено 25% органического и биологического азота, или 22,5 кг (90 · 0,25), вместе с минеральными формами — 61,5 кг (39+22,5). Растения на создание урожая изпользуют 101 кг. Эффективный баланс характеризуется минусовым значением: 61,5-101,0 = -39,5 (кг/га). Интенсивность эффективного баланса будет равна 60% (61,5:101 · 100).

Аналогично рассчитываются эффективные балансы по фосфору и калию.

Для оценки системы применения удобрений по эффективному балансу проводится расчет возможного усвоения азота, фосфора и калия из почвенных запасов. Систему применения удобрений можно считать разрабатанной правильно в том случае, если дефицит элементов питания по эффективному балансу будет компенсироваться за счет возможного усвоения из почвы.

Пример. Для определения возможного усвоения элементов питания из почвенных запасов предварительно

рассчитывают средневзвешенные значения содержания в почве гумуса, фосфора и калия по севообороту. Пусть в почве содержится 2% гумуса и по 100 мг/кг почвы фосфора и калия. По данным Белниппа, растения могут усвоить из запасов почвы по 20-25 кг азота на каждый процент гумуса в почве. В нашем примере это составит 40-50 кг/га азота. Фосфор растения усваивают на уровне 6-8% от запасов подвижных форм в почве, калий — 10-15%. Запасы их в почве определяют умножением средневзвешенных значений их содержания на коэффициент 3. В нашем примере запасы фосфора и калия будут равны 300 кг/га (100 · 3) каждого элемента. Таким образом, усвоится 18-24 кг/га фосфора (300 · 0,06...0,08) и 30-45 кг/га калия (300 · 0,1...0,15). Если принять эффективный баланс предлагаемого примера 39,5 кг азота, то есть из почвы может быть усвоено 40-50 кг азота, то планируем величину урожая будем обеспечены питательными элементами и систему удобрений можно считать разрабатанной правильно.

При оценке системы применения удобрений по балансу питательных элементов прогнозируется изменение содержания в почве за ротацию севооборота подвижных форм фосфора и обменного калия. Поступление фосфора и калия за ротацию севооборота сверх расхода делит на норматив (табл. 14.16) и определяют увеличение их содержания в почве. Результаты суммируют с исходным содержанием и получают прогноз.

14.16. Нормативы P₂O₅ и K₂O, вносимых с удобрениями для увеличения их содержания в почве на 10 мг/кг почвы, кг/га

Дерново-покрытые почвы	Исходное содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг			Исходное содержание K ₂ O в почве, мг/кг		
	50-100	101-150	больше 150	до 80	81-140	больше 140
Суглинки	40-50	45-55	60-70	40-50	60-70	80-100
Песчаная	35-40	40-50	45-55	35-45	55-65	70-90
Песчаная (фракция 0,01 мм < 10%)	30-35	35-40	40-50	30-40	50-60	65-75

Пример. Допустим, что ежегодно сверх выносимого урожая в почве остается 65 кг/га P_2O_5 , т.е. за ротацию деятипольного севооборота поступит 385 кг/га P_2O_5 . В первые 4 года содержание в почве P_2O_5 увеличивается до 150 мг/кг при исходном содержании на супылистой почве 100 мг/кг и нормативе возмещения 50 кг/га на 10 мг/кг почвы (табл. 14.16). В последующие 5 лет норматив возмещения возрастает до 65 кг/га и содержание P_2O_5 в почве увеличивается еще на 50 мг/кг. Таким образом, через девять лет содержание P_2O_5 в почве должно составить 200 мг/кг. Аналогично прогнозируется содержание K_2O .

Расчет баланса кальция, магния и серы. В *приходной части баланса* учитывается поступление этих элементов с *известковыми, органическими и минеральными удобрениями*, а также с *осадками и семенами*, в *расходной части* — *вынос урожая и потери от фильтрации и эрозии*. Поступление кальция и магния с известковыми удобрениями рассчитывают по количеству известковых удобрений на 1 га. Например, в среднем на 1 га севооборотной площади будет ежегодно вноситься 1,1 т доломитовой муки, или 0,935 т $CaCO_3$ (содержание $CaCO_3$ — 85%). Из табл. 14.17 находим количество CaO и MgO на 1 га, вносимое с известковыми удобрениями. С 935 кг $CaCO_3$ поступает 280,5 кг CaO (30 · 9,35) и 187 кг MgO (20 · 9,35).

14.17. Содержание кальция, магния и серы в минеральных и известковых удобрениях в расчете на 100 кг д.в. (N , P_2O_5 , K_2O , $CaCO_3$), кг

Удобрения	CaO	MgO	S
Простой суперфосфат	117	—	51
Двойной суперфосфат	46	—	—
Сульфат аммония	—	—	112
Сульфат калия	—	—	33
Молотый известняк	56	—	—
Молотый доломит	30	20	—
Молотый доломитизированный известняк	50	5,0	—
Мел	56	—	—
Тапчанная известь	56	—	—
Доломитовая мука	30	20	—
Дефекат	56	—	—
Цементная пыль	58	1,0	1,5
Станцеванная зола	58	5	3,0
Фосфориты (40%-ной влажности, на 100 кг физической массы)	23	—	13

По количеству минеральных удобрений на 1 га в д.в. определяют поступление CaO , MgO и S в почву. Например, на 1 га планируется внести 65 кг P_2O_5 в виде двойного суперфосфата. С этим количеством P_2O_5 поступает 30 кг CaO (65·46/100). В случае применения сульфата аммония и сульфата калия определяют количество действующего вещества, поступающее с этими видами удобрений на 1 га, и рассчитывают поступление серы, используя данные табл. 14.11.

Приход кальция, магния и серы с органическими удобрениями рассчитывают с учетом насыщенности почвы последними и поступления этих элементов с удобрениями (см. табл. 14.13). Например, при насыщенности органическими удобрениями в севообороте 12 т/га в почву поступит 48 кг/га CaO (4·12), 24 кг/га MgO (2·12) и около 53 кг/га S (4·4·12). С атмосферными осадками в почву поступает 22 кг/га CaO , 3,0 — MgO , 11 кг/га S , с семенами — соответственно 0,3; 0,1 и 0,2 кг/га. Суммируя результаты по статьям приходной части баланса, получим поступление кальция, магния и серы на 1 га севооборотной площади.

Вынос урожая кальция, магния и серы рассчитывают аналогично тому, как это делается для азота, фосфора и калия. Используя данные, приведенные в табл. 14.2, рассчитывают показатели выноса по каждой культуре и вычисляют средние значения на 1 га. Потери от фильтрации и эрозии находят по табл. 14.14.

При известковании потери кальция за счет вымывания возрастают, особенно на легких почвах. По данным БелНИИПА, на почвах с pH (КСЛ) более 6 потери кальция возрастают в среднем на 40% по сравнению со средними данными на почвах без известкования. На кислых почвах (pH менее 5) вымывание кальция примерно на 20% ниже. Поэтому при расчете баланса кальция средний нормативный показатель потерь (табл. 14.14) на почвах с pH более 6 следует умножить на 1,4, а на почвах с pH менее 5 — на 0,8.

Влияние известкования на вымывание магния неоднозначно, так как в одних случаях катионы кальция ускоряют его вымывание из почвы, что обусловлено вытеснением магния из поглощающего комплекса, а в других — могут уменьшить вымывание магния, нейтрализуя кислотность почвы, которая способствует потерям магния за счет вымывания. В связи с этим при расчетах баланса

Материя используют нормативы потерь от вымывания, приведенные в табл. 14.14. Определяют расход на 1 га. Сопоставив показатели по приходу и расходу, находят значения баланса и его интенсивность.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под балансом питательных элементов в почве?
2. Какое значение имеет баланс питательных элементов в почве для регулирования плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур?
3. Как оценить систему применения удобрений в севообороте по балансу питательных элементов?
4. Как изменится эффективность минеральных удобрений от уровня содержания гумуса в почве?
5. Как можно прогнозировать изменение плодородия почвы по балансу питательных элементов в ней?

14.5. УДОБРЕНИЕ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ И КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТАХ

14.5.1. ОЗИМЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Озимые зерновые в Беларуси высеваются на половине площадей, отводимых под зерновые культуры. Благодаря хорошо развитой корневой системе они хорошо используют осеннюю и весеннюю влагу. Имея более продолжительный период вегетации, они интенсивнее, чем яровые, используют питательные элементы органических удобрений; 1 т навоза окучивается в среднем 20–26 кг зерна.

У озимой ржи корневая система развита сильнее, чем у озимой пшеницы. Оптимальное значение $pH_{ка}$ для ржи 5–6. К концу фазы кущения посевы ржи потребляют примерно треть азота и четверть фосфора и калия от их выноса за период вегетации. Азот и калий рожь усваивает до цветения, а фосфор – до восковой спелости зерна. Озимая пшеница более требовательна к плодородию почв, не переносит высокой их кислотности. Оптимальное значение $pH_{ка}$ 6–7. Основное количество азота и фосфора пшеница потребляет до колошения, калия – до фазы выхода в трубку. Озимая тритикале по своим биологическим особенностям занимает промежуточное положение между озимой рожью и озимой пшеницей.

Самые ответственные периоды в питании озимых культур – от *всходов до ухода в зиму*, а также *начало вегетации осенью*. Осенние озимые посевы потребляют значительное количество фосфора и калия и нуждаются в усиленном питании. Фосфор энергично усваивается растениями, стимулирует развитие корневой системы, калий способствует кущению. При достаточном фосфорном и калийном питании растения хорошо укрываются, накапливают большое количество сахаров, что важно для хорошей перезимовки. Успешной перезимовке способствует внесение органических удобрений: 20–30 т/га солоmistого или торфяного навоза или 30–40 т/га торфонавозных компостов.

Фосфорные и калийные удобрения вносят до посева под основное обработку почвы. Обязательно припосевное внесение фосфора (10–20 кг/га). Весеннее подкормки фосфорными и калийными удобрениями неэффективны, возможны подкормки калием на почвах легкого гранулометрического состава.

Вносить или не вносить *азотные удобрения осенью* зависит от ряда факторов. Часть дозы (20–30 кг/га) вносится осенью, если посевы озимых идут после небобовых предшественников, а также на суглинистых почвах с содержанием гумуса меньше 20% и супесчаных – менее 1,8%. На хорошо окультуренных почвах, после бобовых культур, на всех видах почв при внесении органических удобрений непосредственно под озимые азотные удобрения осенью не вносятся, так как избыточное азотное питание снижает устойчивость растений зимой.

Дозы минеральных удобрений под озимые зерновые культуры с учетом агрохимических свойств почв, планируемого урожая, предшественников и т.д. рассчитываются на *ЭВМ в планах применения удобрений*. Рекомендуемые дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений под озимые зерновые культуры приводятся в табл. 14.18.

Одним из условий эффективности азотных удобрений является *дробное их внесение*. Первую подкормку озимых зерновых культур проводят в начале активной вегетации растений, когда среднесуточная температура воздуха превышает +5 °C и появляются молодые корешки. При метеорологических условиях, близких к средним многолетним, оптимальная доза при плотности стеблей 800–1000 шт. на 1 м² – 50–60 кг/га азота, при плотности 600–800 шт/м² доза увеличивается на 15–20%, при густоте стеблей более 1000 шт/м² доза не должна превышать 50 кг/га. Для

14.18. Дозы удобрений под озимые зерновые культуры на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
			Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Содержание K_2O в почве, мг/кг				
			< 100	101-150	151-200	201-300	301-400	< 80	81-140	141-200	201-300	301-400
2,3-3,0	20-30	40-60	50-70	40-60	30-50	10-20	-	60-80	40-60	30-50	20-30	-
3,1-4,0	"	60-80	70-90	60-80	50-70	20-30	-	80-100	60-80	50-70	30-40	-
4,1-5,0	"	80-90	90-110	80-90	70-80	30-40	10-20	100-120	80-100	70-80	40-50	-
5,1-6,0	"	90-100	110-120	90-100	80-90	40-50	10-20	120-140	100-120	80-100	50-60	-

Примечание. На дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах на песках дозы азотных и калийных удобрений увеличивают, а фосфорных уменьшают на 10%.

На торфяных почвах с мощностью торфа более 0,5 м азотные удобрения не вносят, а дозы фосфорных и калийных удобрений увеличивают на 10-15%.

На торфяно- и торфяно-глеевых почвах дозы азотных удобрений уменьшают на 60%, а калийных увеличивают на 10-15%.

первой подкормки лучше использовать КАС, аммиачную селитру, карбамид.

Уровень урожайности озимых зерновых культур (длины колоса, число зерен в колосе) закладывается в фазе начала выхода в трубку. Поэтому в начале трубкования диагностируется содержание азота в растениях и определяется необходимость дополнительной подкормки. В этот период наряду с твердыми формами азотных удобрений (аммиачная селитра, карбамид) эффективны некорневые подкормки КАС в разведении 1:2, 1:3 или водным раствором карбамида в концентрации 10-15%. Подкормка азотом в начале колошения повышает содержание белка в зерне, но практически не сказывается на урожайности.

14.5.2. ЯРОВЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Период вегетации яровых зерновых культур короче, чем озимых (у ячменя 70-110 дней, овса - 100-120, яровой пшеницы 80-115 дней), а количество питательных элементов, выносимое с урожаем, у них одинаковое (см. табл. 14.2). Корневая система яровых зерновых культур менее развита по сравнению с озимыми, они слабее кустились. Эти особенности делают необходимым их полноценное питание на всем протяжении вегетации.

Наибольшую потребность в азоте яровые зерновые испытывают в период от начала кущения до выхода в трубку - за это время они поглощают около 40% азота, потребляемого за вегетационный период. В первые 15-30 дней развития растений азот способствует накоплению углеводов, а не белка. Недостаток азота в первый месяц жизни ведет к нарушению формирования генеративных органов и снижению урожая. Более позднее внесение азота не устраняет отрицательного влияния раннего азотного голодания и не способствует увеличению урожая.

Фосфор способствует росту корневой системы, формированию крупного колоса, более раннему созреванию растений. Критическим периодом фосфорного питания растений является начальный период роста. По данным БелНИИПА, припосевное внесение фосфорных удобрений в дозе 10-20 кг/га увеличивает урожайность на 1-4 ц/га. Фосфорные удобрения дают меньше, чем азотные, прибавку урожайности, но без них растения хуже усваивают азот и калий.

Наибольшее количество калия растения поглощают в

первые периоды роста. Высока эффективность калийных удобрений на торфяно-болотных, супесчаных и песчаных почвах при небольших запасах обменного калия. После известкования и по мере окультуривания почв значение калийных удобрений возрастает.

Из яровых наиболее требовательны к условиям произрастания ячмень и пшеница. Они хорошо удаются на удобрённых почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной (рН 6,0-7,3). На кислых почвах урожайность и окупаемость удобрений снижается, особенно у сортов интенсивного типа. Яровое тритикале и просо по требованиям к условиям произрастания и особенностям питания близки к яровой пшенице.

Овес менее требователен к условиям произрастания и кислотности почвы (оптимальное значение — рН 5,0-6,5). Он обладает высоким потенциалом биологической продуктивности, лучше, чем ячмень и пшеница, усваивает питательные элементы из почвы, а также из удобрений, внесенных под предшественник.

Все яровые зерновые культуры хорошо отзываются на удобрения. На дерново-подзолистых почвах они хорошо используют последние органических удобрений. Лучшие предшественники яровых — удобренные пропашные культуры.

Минеральные удобрения лучше окупаются на связанных дерново-подзолистых почвах. В среднем окупаемость 1 кг NPK — 5,0-5,5 кг зерна. В опытах кафедры агрохимии ВСХА на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах окупаемость 1 кг NPK урожая ячменя в среднем за 4 года по сортам колебалась от 5 до 12 кг зерна, овса — от 5,9 до 7,2 кг, яровой пшеницы — от 4,6 до 7,0 кг.

В табл. 14.19 приведены дозы минеральных удобрений в зависимости от агрохимических показателей почвы, уровня планируемых урожаев. Дозы азотных удобрений меньше 60 кг/га лучше вносить в один прием под предпосевную культивацию.

Опыты с сортами ячменя с различной скоростью созревания (Ида, Роланд, Зазерский-85) показали, что оптимальная доза азотных удобрений для основного внесения на суглинистых почвах, а также на супесчаных после пропашных 60 кг/га, после зерновых, крестоцветных и других небобовых предшественников — 80 кг/га. Максимальная доза азота для районированных сортов яровых зерновых культур — 120 кг/га.

312

14.19. Рекомендуемые дозы удобрений под яровые зерновые культуры на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
			Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Содержание K_2O в почве, мг/кг				
			< 100	101-150	151-200	201-300	301-400	< 80	81-140	141-200	201-300	301-400
2,0-3,0	после-	50-60	40-60	30-50	30-40	10-20	—	60-90	50-70	40-60	20-30	—
3,1-4,0	действие	60-70	60-80	50-70	40-60	20-30	—	90-110	70-90	60-80	30-40	—
4,1-5,0	навоза	70-80	80-100	70-80	60-70	30-40	10-20	110-130	90-100	80-90	40-50	10-15
5,1-6,0	50-60 т	80-90	100-110	80-90	70-80	40-50	10-20	130-150	100-110	90-100	50-60	15-20

Примечание. Поправки к дозам удобрений на гранулометрический состав и тип почвы приводятся в табл. 14.18. Для яровой пшеницы, ярового тритикале и проса дозы удобрений повышают на 10-15%, а для овса снижают.

Дозы азотных удобрений более 60 кг/га, чтобы предупредить полегание растений, вносят дробно, проводя подкормку в фазе конца купения — начало трубкования. Дозу для подкормки корректируют по данным растительной диагностики. Подкормки азотными удобрениями эффективны только при достаточном увлажнении почвы, поэтому на юге республики основное внесение азота в предпосевную культивацию часто является решающим условием в формировании урожая. Лучшее азотное удобрение для основного внесения — КАС, при этом обеспечивается равномерность распределения по поверхности почвы, для подкормки — КАС в разведении 1:2, 1:3, аммиачная селитра или карбамид.

Фосфорные и калийные удобрения под яровые зерновые культуры вносят осенью под зяблевую вспашку или культивацию или весной под предпосевную культивацию. Лучшие формы азотных удобрений — аммофос, аммофосфат, ЖКУ и хлористый калий.

Из микроэлементов наибольшее значение для яровых зерновых культур имеет медь. При некорневых подкормках в фазе начала трубкования растений вносят 100–120 г/га сульфата меди. Некорневые подкормки можно совмещать с химической прополкой или некорневой подкормкой азотом.

14.5.3. ЗЕРНОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Зернобобовые культуры — люпин, горох, вика занимают 4% посевной площади. Способность в симбиозе с клубеньковыми микроорганизмами фиксировать азот атмосферы снижает их потребность в азотных удобрениях. На плодородных почвах азотные удобрения могут снижать фиксацию азота из атмосферы. Обеспеченность растений азотом и уровень урожая зависят от кислотности почвы, влагообеспеченности, содержания фосфора и калия, микроэлементов.

Зернобобовые культуры в среднем 65–70% азота, идущего на формирование урожая, усваивают из воздуха.

Горох, вика, кормовые бобы хорошо реагируют на внесение фосфорно-калийных удобрений при средней обеспеченности почв этими элементами: повышается урожайность, усиливается фиксация азота из атмосферы. Оптимальное значение pH для этих культур — 6–7.

Люпин хорошо растет на кислых почвах (pH 4,5–5,0), слабо реагирует на фосфорные удобрения при содержании фосфора более 50 мг/кг почвы, хорошо фиксирует азот из атмосферы и много выносит калия. При внесении под люпин извести дозы калийных удобрений повышают на 30–50%. Обеспеченность калием определяет уровень урожая зерна люпина. То же относится и к кормовым бобам.

Горох и вика заканчивают потребление питательных элементов в конце цветения, люпин — при созревании бобов на главном стебле. Люпин отгибается от других зернобобовых большей способностью усваивать фосфор из труднодоступных форм удобрений (фосфоритная мука) и запасов почвы.

Калийные удобрения, содержащие хлор, под зернобобовые вносят осенью. Не переносит хлора люпин, это типичный хлорофоб. Дозы минеральных удобрений под горох, вику и кормовые бобы, подешку приведены в табл. 14.20.

Зернобобовые хорошо отзываются на внесение магневых удобрений, особенно на легких почвах (20–25 кг/га MgO), а также микроэлементов (молибдена, бора, цинка). По данным кафедр растениеводства ВСХА, на фоне фосфорных и калийных удобрений и известкования совместное внесение молибдена и бора повышало урожайность люпина на 22% (3–4 ц/га). Молибденовые микроудобрения повышали урожайность гороха на 3 ц/га, кормовых бобов — на 4 ц/га. Молибденовые и борные удобрения могут вноситься в почву до посева (1,0–1,5 кг/га Mo , 1,5–2,0 кг/га B), во время сева вместе с фосфорными удобрениями или при обработке семян ризоторфином (15–20 г молибдата аммония и 20–30 г борной кислоты на 1 ц семян). Зернобобовые хорошо реагируют на обработку семян ризоторфином. Урожайность зерна люпина повышается на 2,2 ц/га, гороха — до 4,2 ц/га.

Горох, яровая вика, кормовые бобы предъявляют более высокие требования к плодородию почв, чем люпин, лучше удаются на связных почвах, хорошо отзываются на полевые удобрения органических удобрений, люпин же при этом ветвится, удлиняется его вегетационный период. Если внести органические удобрения прямо под горох и вику, вегетативная масса сильно развивается и растения полегнут. Кормовые бобы требуют большего количества удобрений, так как у них совпадают периоды интенсивного роста,

14.20. Дозы удобрений для зернобобовых культур на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
		Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Содержание K_2O в почве, мг/кг				
		< 100	101-150	151-200	201-300	301-400	< 80	81-140	141-200	201-300	301-400
1,5-2,0	30-40	50-70	40-60	30-50	25-40	-	80-100	70-90	60-80	40-60	-
2,1-2,5	40-45	70-85	60-75	50-60	40-50	10-15	100-120	90-110	80-100	60-80	-
2,6-3,5	45-50	85-100	75-90	60-70	50-60	10-15	120-140	110-130	100-120	80-100	20-30
3,6-4,5	50-55	100-140	90-120	70-90	60-70	15-20	140-150	130-140	120-130	100-120	30-40

Примечание. Поправки к дозам удобрений на супесчаных и песчаных почвах на песках приводятся в табл. 14.18.

цветения и формирования семян, поэтому под них можно вносить органические удобрения (до 30 т/га).

14.5.4. ГРЕЧИХА

Гречиха требовательна не только к плодородию почвы, но и к месту произрастания. Лучшими для нее являются рыхлые, хорошо прогреваемые, взрыхленные, чистые от сорняков супесчаные почвы, а также легкие и средние суглинки. Плохо растет на западающих холодных тяжелых почвах и песках. В низких местах, где посевы могут страдать от избытка влаги, заморозков, туманов, гречиху высевать нельзя. Малоприспособна для гречихи и возвышенности. Ее нужно размещать на участках, защищенных от холодных северо-восточных ветров. Хорошо растет при pH 5-7. Известкование кислых почв повышает урожайность на 1,8-2,4 ц/га. Лучше использовать доломитовую муку.

Хотя гречиха способна усваивать питательные элементы из труднодоступных форм (прежде всего фосфор), в почве должно содержаться достаточно легкоусвояемых питательных элементов, так как корневая система у нее развита слабо. Хорошо отзывается на удобрения и выносит с урожаем много питательных элементов (с 10 ц продукции - 38 кг N, 20 - P_2O_5 и 48 кг K_2O).

До цветения растения гречихи поглощают до 60% азота и калия и 40% фосфора. Это калийнобная культура. Фосфор используется в большей мере во второй половине вегетации. Как и другие культуры, в начале роста гречиха испытывает острую потребность в растворимых формах фосфора, поэтому при посеве в рядки вносят 15-20 кг/га фосфорных удобрений. Хорошо отзывается на азотные удобрения, однако вносить последние нужно осторожно. Для среднепоздних и среднепоздних сортов гречихи даже на слабоокисленных почвах после зерновых предшественников доза азота не должна превышать 60 кг/га, после пропашных - 30-40 кг/га, для скороспелого сорта Черноплодная дозу азота увеличивают на 20-30 кг.

Дозы фосфорных и калийных удобрений при содержании этих элементов менее 100 мг/кг почвы для получения урожайности 18-20 ц/га - соответственно 50-60 и 90-100 кг/га. При большей обеспеченности дозы ниже, при содержании в почве фосфора и калия более 200 мг/кг можно внести 15-20 кг/га фосфора в рядки при посеве и 30-50 кг/га калия.

Сроки внесения определяются главным образом формой удобрений. Твердые азотные удобрения лучше вносить весной перед предпосевной обработкой почвы. Аммиачная селитра и мочевина равнозначны по действию на урожай. Фосфорные удобрения вносят, как правило, осенью, но при необходимости их можно применять и весной. Так как гречишка хлорофобна к культуре, лучше использовать калийные удобрения, не содержащие хлора. По данным БелНИИПА, при внесении сульфата калия урожайность была на 13% выше, чем при внесении хлористого калия. Хлористый калий на связанных по транзюметрическому составу почвах вносит осенью перед вспашкой или культивацией зяби, на легких супесчаных и песчаных почвах – весной. Не содержащие хлор калийные удобрения (сульфат калия, калимагнезия) можно вносить весной. Эффективны сложные удобрения.

На легких почвах, слабо обеспеченных магнием, эффективны **магнєвые удобрения**. Хорошо влияет на урожайность гречишки **бор**. На недостаток бора указывает отмирание верхушечных почек, цветков и даже завязавшихся плодов. Действие борных удобрений сильнее на почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной. Вносят их до посева (0,5 кг/га бора) или во время сева в рядки (борный суперфосфат).

14.5.5. ЛЕН

Лучшими для возделывания льна являются дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные почвы на морене и лесовидных суглинках с pH 5,5–6,0. На почвах с pH > 6 лен сильно поражается кальциевым хлорозом. При pH 5,7–5,8 избыток кальция можно нейтрализовать внесением калийных удобрений. По данным БелНИИПА, при содержании обменного калия 160–180 мг/кг почвы хлороз льна почти не проявляется. На менее кислых почвах (pH 6,0–6,2) такое количество калия недостаточно для уравновешивания соотношения К:Са и пораженности кальциевым хлорозом льна достигает 70–90%. Поэтому не рекомендуется известковать почвы с pH 5,6–5,8 в севооборотах, насыщенных льном (как и картофедем).

Лен – требовательная к плодородию почв культура, прежде всего из-за большой корневой системы, а также короткого вегетационного периода (70–80 дней). Вместе с тем общее потребление элементов питания растениями

льна-долгунца по сравнению с другими культурами невелико. С 1 т урожая льна (волокно, семена, полова) выносятся 60,5 кг азота, 24 – фосфора, 64,5 – калия, 32,1 – кальция, 16,6 кг магния.

Критические периоды посевов льна по азоту – от фазы “елочки” до бутонизации, фосфору – от всходов до фазы елочка, калию – первые три недели, когда формируются волокна, а также фаза бутонизации. Достаточная обеспеченность растений фосфором и калием увеличивает урожайность посевов к полетанию, при этом болезням и урожай созревание.

При недостатке азота лен образует короткие, тонкие и, как правило, однокоробочные растения, урожайность низкая. При избытке азота листья сильно разрастаются и затекают стебель, он быстро вытягивается и ткани не успевают окрепнуть. Образуются округлые элементарные волокна с тонкими стенками и большим просветом. Непрочней степени полегания урожай волокна снижается на 3,0–3,5 ц/га, а качество волокна на 2 номера и более. На семеноводческих посевах задерживается созревание семян, ухудшается их качество. Поэтому необходимо строго соблюдать дозы азота и соотношение НРК. Максимальная доза азота при размещении льна после небовых предшественников – 35 кг/га. После зернобобовых, пропашных, оборота клеверного пласта дозы азотных удобрений снижаются на 10–15 кг/га. При запасах фосфора и калия 150–200 мг/кг лучшим соотношением азота, фосфора и калия в минеральных удобрениях на дерново-подзолистых почвах является 1:3:4.

Азотные удобрения вносят под предпосевную культивацию. Лучше использовать комплексные формы – аммофос, удобрение для льна (15:16:35). На хорошо окультуренных почвах, требующих минимальных доз азота, лучше использовать аммофосфату (4:24:30). В качестве **фосфорного удобрения**, кроме названных комплексных, можно вносить суперфос, близкий по действию к двойному суперфосфату, из калийных – крупнокристаллический или транзюлированный хлористый калий. Фосфорные и калийные удобрения на связанных почвах с укловым участком не более 3° вносят по зяблевой вспашке и заделывают культиватором, на легких почвах – весной под предпосевную культивацию. При посеве в рядки обязательно вносятся 10–15 P₂O₅.

На развитии растений отрицательно сказывается *неравномерное внесение* минеральных удобрений, особенно азота. Комплексные удобрения более равномерно распределяются по площади. Дозы минеральных удобрений под лен-долгунец приведены в табл. 14.21. Оптимальная глубина заделки — 5–10 см.

Из микроэлементов для льна особенно важен **бор**, при его недостатке посевы поражаются кальциевым хлорозом. На почвах с pH 5,5–6,0 обязательно применяются борные удобрения — 0,5 кг/га. Если борные удобрения в почву не вносились, проводят некорневую подкормку борной кислотой (500 г/га) при высоте растений до 8 см (можно совместить с химической прополкой гербицидами). В этот период рекомендуются также некорневые подкормки сернокислым цинком в дозе 0,5–0,8 кг/га.

Избыток окислов алюминия (более 2 мг/кг почвы) вызывает токсикоз льна, посевы изреживаются, урожайность снижается.

14.5.6. КАРТОФЕЛЬ

Картофель является культурой весьма требовательной к почвенным условиям, что определяется его физиологическими особенностями: слаборазвитой корневой системой, ее высокой потребностью в кислороде в период интенсивного клубнеобразования. Система удобрения картофеля должна обеспечить не только высокий урожай, но и хорошее качество клубней, сбалансированный по химическому составу и с низким содержанием нитратов.

Для картофеля наиболее подходят структурные, плодородные, водопроницаемые, легкого или среднего гранулометрического состава (с содержанием физической глины от 10 до 40%), достаточно прогреваемые почвы. Оптимальный уровень плотности для прорастания картофеля на среднеуглинистых почвах — 1,0–1,2 г/см³, на супесчаных — 1,3–1,4 г/см³. Увеличение плотности среднеуглинистой почвы до 1,4 г/см³ приводит к снижению урожая клубней на 35–40%. Состояние плотности почвы определяет не только урожай, но и товарный вид картофеля — крупность, форму и сохранность клубней. По технологическим параметрам поля должны быть выровнены (угол склона допускается до 3°), незавалены, удаленность от хозяйственных центров и населенных пунктов не должна превышать 3 км.

14.21. Дозы удобрений под лен-долгунец на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га (волокно)	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
		Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг					Содержание K ₂ O в почве, мг/кг				
		< 100	101–150	151–200	201–300	301–400	< 80	81–140	141–200	201–300	301–400
0,3–0,5	15–20	50–70	40–60	30–50	20–30	—	60–90	50–80	40–70	30–50	—
0,51–0,7	20–25	70–90	60–80	50–70	30–50	10–15	90–110	80–100	70–90	50–70	—
0,71–0,9	25–30	90–100	80–90	70–80	50–60	10–15	110–130	100–120	90–110	70–90	30–40
0,91–1,1	30–35	100–120	90–100	80–90	60–70	15–20	130–150	120–140	110–130	90–110	40–50

Известкование. Картофель хорошо переносит повышенную кислотность почвы. Оптимальной для него является кислотность в интервале pH KCl от 5,3 до 5,8. В связи с тем, что в настоящее время кислотность пахотных почв практически оптимизирована (средневышенная величина pH KCl составляет 5,99), картофель необходимо возделывать в специализированных севооборотах на почвах с уровнем pH в оптимальном интервале. Если таких севооборотов в хозяйстве нет, то при подборе полей для возделывания картофеля необходимо учитывать сроки проведения известкования. Максимальный сдвиг pH почвы происходит на 2-3 год после внесения известки, поэтому для снижения поражаемости клубней паршой картофель лучше размещать на полях после 3-4-летнего взаимодействия известки с почвой.

Органические удобрения. Для получения высоких и стабильных урожаев картофеля на дерново-подзолистых супесчаных и супесчаных на морене почвах необходимо вносить 50-60 т/га органических удобрений, на супесчаных на песках и песчаных почвах - 60-80 т/га. Органические удобрения под картофель лучше вносить осенью под зяблевую вспашку. Весеннее внесение органических удобрений особенно на супесчаных почвах приводит к задержке сроков полевых работ и значительно увеличивает влажность почвы и, вследствие этого, к существенному недобору урожая. К преимуществам осеннего внесения органических удобрений относятся и лучшее усвоение картофеля питательных веществ в течение периода вегетации.

Лучшими формами органических удобрений под картофель являются соломистый навоз и торфонавозные компосты, которые способствуют увеличению запасов гумуса в почвах. Известно, что повышение гумусированности почв способствует увеличению содержания крахмала в клубнях. При использовании биодоступного жидкого навоза дозы внесения его необходимо рассчитывать с учетом содержания в нем азота. Доля азота, вносимого с биодоступным навозом, не должна превышать 50-80% от общей потребности.

Обязательные требования при внесении любых видов органических удобрений - равномерность распределения их по поверхности поля и быстрая заделка в почву в течение 3-5 ч после разбрасывания.

Минеральные удобрения. Лучшей системой удобрения

картофеля является органо-минеральная. Дозы минеральных удобрений устанавливаются в зависимости от уровня планируемых урожаев, фактического состояния агрохимических свойств почв под картофель (табл. 14.22).

Расчетные дозы азотных удобрений под картофель следует вносить весной в один прием под культивацию или перед нарезкой гребней. Дробное внесение азота в два-три приема (до посадки, подкормки по всходам и при высоте куста 15-20 см) в исследованиях Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии и Белорусского НИИ картофелеводства на дерново-подзолистых супесчаных и супесчаных на морене почвах было неэффективным. На супесчаных, подстигаемых песками почвах, возможна подкормка (20-30 кг/га д.в.) под первую междурядную обработку при высоте куста 15-20 см.

На качество клубней картофеля, в первую очередь на содержание нитратов, большое влияние оказывают дозы и формы применяемых азотных удобрений. Максимально допустимой дозой азота на фоне 60-70 т/га органических удобрений является 110 кг/га д.в. Внесение такого количества азота при соблюдении рекомендованных доз фосфорных и калийных удобрений обеспечивает уровень содержания нитратов в клубнях ниже ПДК (150 мг/кг сырого веса) при погодных условиях, близких к средним многолетним, и густоте посадки 55-60 тыс. кустов на гектаре.

Из форм азотных удобрений больше всего оказывает отрицательное влияние на накопление нитратов в клубнях картофеля аммиачная селитра, меньше накапливается нитратов при использовании КАС, карбамида и сульфата аммония. Поэтому основной рекомендуемой формой азотных удобрений под картофель является сульфат аммония.

Фосфорные удобрения под картофель можно вносить как осенью под зяблевую вспашку, так и весной под предпосевную культивацию. Фосфор хорошо закрепляется в почвенно-поглощающем комплексе и в связи с этим практически не вымывается в нижележащие горизонты. Обязательным приемом должно быть внесено 20-30 кг/га P_2O_5 в рядки при посадке картофеля. В этом случае обеспечиваются оптимальные условия фосфорного питания на ранних стадиях развития растений, что способствует разнотипу корневой системы. Из производимых в Республике Беларусь фосфорных удобрений под картофель рекомендуются аммофос и простой аммонизированный суперфосфат.

14.22. Дозы удобрений под картофель на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
			Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Содержание K_2O в почве, мг/кг				
			< 100	101-150	151-200	201-300	301-400	< 80	81-140	141-200	201-300	301-400
15,0-20,0	50-60	50-70	60-80	40-60	20-40	-	-	70-90	50-70	40-60	20-30	-
20,1-25,0	-	70-80	80-90	60-70	40-50	-	-	90-100	70-80	60-70	30-40	-
25,1-30,0	-	80-90	90-110	70-80	50-70	-	-	100-120	80-90	70-80	40-50	-
30,1-40,0	-	90-120	110-140	80-110	70-90	10-20	-	120-160	90-130	80-110	50-60	10-20

Примечание. Поправки к дозам удобрений на гранулометрический состав и тип почвы приведены в табл. 14.18.

Хлорсодержащие калийные удобрения на почвах связного гранулометрического состава рекомендуются вносить под картофель осенью под зябь, на легких супесчаных и песчаных почвах — только весной, поскольку при осеннем внесении возможны значительные потери калия от вымывания. Так, по данным лизиметрических исследований Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии вынос P_2O_5 с инфильтратными водами на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах составляет 15 кг/га в год.

Формы калийных удобрений — хлористый калий и сульфат калия — по влиянию на урожай практически равноценны. Применение сульфата калия по сравнению с хлористым калием способствует повышению содержания крахмала в клубнях на 0,5-0,6%, однако широкое использование его в сельскохозяйственном производстве ограничивается высокой стоимостью.

Микроудобрения. Из микроэлементов картофель больше всего нуждается в боре и меди. Часть этих элементов растения усваивают из водорастворимых органических удобрений. Однако даже на фоне органических удобрений на картофеле могут быть эффективными некорневые подкормки бором в дозах 35-40 г/га д.в. при высоте кустов 15-20 см.

14.5.7. САХАРНАЯ СВЕКЛА

Сахарная свекла очень требовательна к плодородию почвы и совершенно не переносит кислых почв, оптимальное значение pH — 6,5-7,5. Она хорошо растет на дерново-дерново-карбонатных почвах с мощным перегнойным горизонтом, а также на осушенных, хорошо окультуренных торфяных почвах низинного типа и на известковых дерново-подзолистых почвах на средних и легких суглинках и супесях, подстилаемых моренными суглинками.

Питательные элементы сахарная свекла усваивает на протяжении всего вегетационного периода. В начале роста она поглощает относительно немного азота, фосфора и калия, но так как корневая система еще развита слабо, молодые растения очень чувствительны к недостатку доступных питательных элементов, особенно фосфора. Внесение в рядки во время посева нитрофоски (1 ц/га) создает благоприятный пищевой режим в первые 15-20 дней пос-

ле всходов. В период интенсивного роста листьев свекла потребляет много азота и калия — примерно втрое больше, чем накапливает органические вещества. Для формирования корнеплодов растениям требуется умеренное азотное питание, но усиленное фосфорное и калийное. Это время (июль—август) максимального поступления элементов питания.

Сахарная свекла, как и другие корнеплоды, отзывчива на совместное внесение органических и минеральных удобрений и высоко оплачивает их урожаем. В опытах БелНИИПА урожайность от 1 т навоза повышалась на 125 кг, а от 1 кг НРК — на 31 кг. Лучше использовать подстилочный навоз или торфонавозные компосты весенне-летней заготовки после четырех-пяти месяцев хранения в уплотненных буртах. Дозы минеральных удобрений приведены в табл. 14.23. Пригодны все формы минеральных удобрений. Максимальные дозы азотных удобрений — 130–140 кг/га. Высокие дозы азотных удобрений рекомендуются вносить дробно: 90–100 кг/га — в основное внесение и 30–40 — в подкормку (после прорывки одновременно с первым междурядным рыхлением).

При недостатке бора, особенно при возделывании сахарной свеклы на почвах с оптимальной реакцией среды, где ниже его подвижность, развивается гниль сердечка, снижается сахаристость корней, уменьшается урожайность. Лучшей формой удобрений с микроэлементами является борный суперфосфат (1,5 кг/га), если его нет, растения обрабатывают борной кислотой (500 г/га) в фазе 3–4 настоящих листьев.

14.5.8. КОРМОВЫЕ КОРНЕПЛОДЫ

Кормовые корнеплоды лучше удаются на богатых органическим веществом суглинистых и супесчаных почвах с глубоким пахотным слоем. Наиболее требовательные к плодородию почвы кормовая свекла, затем брюква и менее требователен турнепс.

Кормовые корнеплоды отличается слабое развитие корневой системы, в то же время при высокой урожайности (700–800 ц/га) они выносят из почвы много питательных элементов. Так, кормовая свекла с урожаем корней 800 ц/га выносит из почвы около 280 кг азота, 80–90 кг фосфора и 600–630 кг калия.

Кормовая свекла дает хорошие урожаи на известко-

14.23. Дозы органических и минеральных удобрений для сахарной свеклы на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
			Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Содержание K_2O в почве, мг/кг				
			< 100	101–150	151–200	201–300	301–400	< 80	81–140	141–200	201–300	301–400
20,0–30,0	60	60–90	70–110	60–90	50–80	30–50	—	80–120	70–100	50–80	40–60	—
30,1–40,0	—	90–110	110–130	90–110	80–90	50–60	10–20	120–150	100–130	80–100	60–80	—
40,1–50,0	—	110–130	130–150	110–130	90–110	60–70	10–20	150–170	130–150	100–130	70–100	10–15
50,1–60,0	—	130–150	150–180	130–150	110–130	70–80	20–25	170–200	150–170	130–150	100–120	15–20

Примечание. Поправки к дозам минеральных удобрений на гранулометрический состав и тип почв приводятся в табл. 14.18.

важных почвах (рН КСІ 6,7-7,2). Брюква и турнепс легче переносят слабнокислые почвы и могут произрастать при рН КСІ 5,5-6,5.

Потребление питательных элементов у корнеплодов в течение вегетационного периода неравномерное. Усиленное питание азотом необходимо в период формирования надземной массы. Фосфор поглощается на протяжении вегетации равномерно. Калий активно усваивается во второй половине вегетации при формировании корнеплода. Например, кормовая свекла за май и июнь потребляет от общего выноса с урожаем 23% азота и по 15-16% фосфора и калия, в июле-августе по 67-68% азота и калия и 62% фосфора, а в сентябре азота около 10%, фосфора 23% и калия 16%.

Кормовые корнеплоды хорошо отзываются на совместное внесение органических и минеральных удобрений и высоко оплачивают их урожаем. На 1 т навоза кормовая свекла увеличивает урожай корней на 200 кг, а на 1 кг НРК — на 65 кг.

Кормовые корнеплоды хорошо реагируют на внесение в рядки при посеве нитрофоски в дозе 1,0 ц/га.

Под корнеплоды можно вносить любые формы азотных и фосфорных удобрений, а из калийных лучше 40%-ная калийная соль, содержащая натрий.

Азотные минеральные удобрения под кормовую свеклу рекомендуется вносить в дозах не более 180 кг/га д.в. До посева вносится 90-100 кг/га азота и в подкормку в фазе 3-4 листьев под междурядную обработку — 40-60 кг/га.

На произвесткованных и нейтральных почвах кормовая свекла нуждается в боре, который превращает корнеплоды от сердцевидной тигли. Бор вносят в дозе 0,5-0,8 кг/га в почву или при некорневой подкормке в фазе 3-4 листьев — 200 г/га борной кислоты.

Дозы удобрений под кормовую свеклу приводятся в табл. 14.24.

Под кормовую брюкву и турнепс на урожайность корней 350-400 ц/га рекомендуется вносить органические удобрения в дозах 40-60 т/га, а также минеральные N — 80-90, P₂O₅ — 50-60, K₂O — 80-90 кг/га.

14.24. Дозы органических и минеральных удобрений под кормовую свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
			Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг					Содержание K ₂ O в почве, мг/кг				
			< 100	101-150	151-200	201-300	301-400	< 80	81-140	141-200	201-300	301-400
20,0-30,0	50-60	40-60	50-70	30-50	20-40	10-20	-	50-100	40-80	20-60	-	-
30,1-50,0	-	60-110	70-120	50-90	40-80	30-50	-	100-200	80-160	60-120	20-50	-
50,1-70,0	-	110-160	120-160	90-120	80-110	50-70	10-20	200-270	160-220	120-160	50-80	-
70,1-90,0	-	160-200	160-200	120-160	110-140	70-90	20-30	270-340	220-290	160-200	80-110	-

Примечание. На супесчаных и песчаных почвах на песках дозы азотных и калийных удобрений увеличиваются на 10-15%, а фосфорных снижаются на 10%.

В Беларуси кукурузу выращивают в основном на сидос, реже — на зерно. Кукуруза очень требовательна к плодородию плодородию, не переносит кислых почв (оптимальное значение pH — 6–6,5), а также тяжелых переудожненных. Известкование лучше проводить под предшественик. Питательные элементы потребляет весь вегетационный период — до восковой спелости зерна. Около половины питательных элементов поглощает в период быстрого роста за короткий промежуток времени — от выметывания метелок до цветения, в том числе 66% азота. Первый месяц кукуруза растет медленно и поглощает не много элементов питания, но последние, особенно фосфор, должны в достатке содержаться в доступной форме, иначе ухудшается развитие растений. Бездефицитное фосфорное питание обеспечивается внесением в рядки во время сева 15–20 кг/га P_2O_5 , причем семена и удобрения не должны соприкасаться в почве. Лучше, если их разделяет 2–4 см, чтобы высокая концентрация фосфора не повредила прорастающим семенам. Азотные удобрения не только повышают урожайность, но и улучшают качество зеленой массы, увеличивая содержание в ней протеина. Однако во избежание накопления в зеленой массе нитратного азота (200 мг/кг) доза азота не должна превышать 140 кг/га. Высокие дозы азота вносят дробно, проводя подкормку при первой междурядной обработке. Дозы минеральных удобрений приведены в табл. 14.25.

Лучшими органическими удобрениями являются подстиловый навоз и торфонавозные компосты. В случае использования бесподстильного навоза во избежание заражения почвенных и грунтовых вод доза азота не должна превышать 200 кг/га. При двухлетнем возделывании кукурузы в первый год вносятся органические удобрения (50 т/га) и полная доза минеральных, на второй год — только полное минеральное удобрение. Если в первый год вносится больше органических удобрений (100 т/га), то из минеральных достаточно внести только азотные (не более 120 кг/га). На второй год органические удобрения также не применяются. На суглинистых почвах навоз и фосфорно-калийные удобрения под кукурузу лучше вносить осенью под зяблевую вспашку, азотные — весной под культивацию, на легких почвах — весной под перепахку зяби. Из микроэлементов для кукурузы особенно важны медь

14.25. Примерные дозы удобрений для кукурузы на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене (БелНИИПА)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения, кг/га д.в.					Калийные удобрения, кг/га д.в.				
			Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Содержание K_2O в почве, мг/кг				
			< 100	101–150	151–200	201–300	301–400	< 80	81–140	141–200	201–300	301–400
20,0–30,0	50–60	60–100	60–80	40–60	30–50	10–30	—	60–120	40–90	20–50	—	—
30,1–40,0	—	100–130	80–100	60–80	50–70	30–40	—	120–160	90–110	50–80	—	—
40,1–50,0	—	130–160	100–120	80–90	70–80	40–50	10–20	160–200	110–130	80–110	20–40	—
50,1–60,0	—	160–190	120–140	90–110	80–100	50–60	10–20	200–220	130–160	110–130	40–60	—

Примечание. Поправки к дозам удобрений для супесчаных и песчаных почв на песках и торфяных почв приведены в табл. 14.18.

и цинк. (На дерново-подзолистых почвах потребность в цинке — 3 кг/га, в меди — 2 кг/га.) Потребность в цинке особенно велика при высоком содержании в почве фосфора. Лучшие формы удобрений с микроэлементами — суперфосфат или аммофосфат, содержащие 1,5% цинка, и КАС с 0,5% меди. Положительный эффект может дать также внекорневая подкормка сульфатом цинка (350 г/га) или сульфатом меди (300 г/га) в фазе трех-четырех листьев.

14.5.10. УДОБРЕНИЕ РАПСА НА СЕМЕНА И В ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОСЕВАХ

Высокие и устойчивые сборы семян рапса можно получить на плодородных почвах при оптимальных нормах внесения органических и минеральных удобрений. На составление урожая рапс расходует значительно больше питательных элементов, чем пшеница, ячмень и другие культуры. По данным ВелНИИЗиК в растете на 1 ц семян рапса с урожаем с 1 га выносятся 5,4–6,2 кг азота, 2,4–3,4 кг P_2O_5 и 4,0 кг K_2O . В то же время после уборки рапса на 1 га в почве остается 40–60 ц корневых и пожнивных остатков. Это в 1,5–2 раза больше, чем после клевера, и в 5–6 раз больше, чем после зерновых.

Расчет норм внесения удобрений производится с учетом содержания питательных элементов в почве и планируемой урожайности семян. На среднеобеспеченных почвах на 1 га рекомендуется вносить 80–110 кг азота, 60–90 кг P_2O_5 и 80–120 кг K_2O .

Органические удобрения целесообразно вносить под предшественники рапса. Полную норму фосфорных и калийных удобрений лучше вносить после уборки предшественника под основную обработку почвы.

Микроудобрения (бор, марганец, молибден) при необходимости вносят с семенами при инкрустации или некорневой подкормке.

Рапс весьма отзывчив на азотные удобрения. Под урожай рапс их обычно вносят перед посевом под предпосевную культивацию в дозах 80–110 кг/га д.в. С целью оптимизации азотного питания растений азотные удобрения целесообразнее вносить в два приема. Первая доза (40–50 кг/га д.в.) вносится до посева, вторая — при наступлении у рапса фазы 4–6 настоящих листьев. Дробное внесение азотсодержащих удобрений способствует более эффек-

тивному использованию азота растениями, т.к. снижается уровень его вымывания, особенно на песчаных почвах.

При возделывании озимого рапса, при необходимости, под основную или предпосевную обработку почвы вносят азотные удобрения в дозах 30–40 кг/га д.в.

Важным мероприятием по уходу за озимым рапсом является своевременная и достаточная подкормка азотными удобрениями в начале весенней вегетации. Принято считать, что дробное (в 2 приема) внесение азота является наиболее эффективным. Первая подкормка проводится рано весной, как только наступит физическая спелость почвы и растения возобновят вегетацию.

С учетом предшественника, уровня плодородия почвы и планируемой урожайности при первой весенней подкормке рекомендуется вносить 80–110 кг/га азота. Второй раз вносят 30–40 кг/га д.в. азота через 2–3 недели после первой подкормки. Вторая подкормка, как правило, совпадает с фазой начала бутонизации. Лучшей формой азотного удобрения для подкормок является аммиачная селитра.

В опытах кафедры агрохимии ВСХА в среднем за 5 лет урожайность семян ярового рапса при внесении $N_{90}^{60} P_{60}^{60} K_{60-90}$ составляла 18–20 ц/га.

В пожнивных посевах при севе не позднее 5 августа рапс может обеспечивать урожайность зеленой массы на уровне 180–200 ц/га. Из удобрений можно использовать жидкий бесподстильный навоз или минеральные удобрения. Жидкий бесподстильный навоз вносится перед вспашкой почвы или предпосевной культивацией в дозах, обеспечивающих 100%-ную потребность культуры в азоте. Минеральные удобрения в пожнивных посевах под рапс рекомендуется вносить в дозах: 70–80 кг/га азота, 60–70 кг фосфора и 80–90 кг/га калия. Фосфорные и калийные удобрения можно внести в "запас" под предшественник, азотные — перед посевом.

14.5.11. МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ

Многолетние травы — бобовые в чистом виде либо в смеси со злаковыми — возделываются в полевых и кормовых севооборотах. Размножаются семенами, которые в благоприятных условиях дают высокие урожаи пять-шесть лет. Бобовые многолетние травы *около двух третей потребленного азота способны усваивать из воздуха* благодаря клубеньковым бактериям. Бобовые травы

более требовательны к плодородию почвы, чем злаковые, и хорошо растут на почвах с близкой к нейтральной и нейтральной реакцией. Злаковые травы дают высокие урожаи и на слабых почвах, они более устойчивы в травостое, чем бобовые. Чтобы бобовые не выпадали из травостоя, проводят известкование и вносят достаточно фосфорных и калийных удобрений, особенно при внесении азотных.

Наиболее интенсивно многоотселение травы усваивают элементы питания в фазах бутонизации и цветения. Клевер луговой в период интенсивного роста стеблей, бутонизации и цветения активно поглощает "пищу" из глубоких слоев почвы. Внесение под клевер фосфорных и калийных удобрений в запас под покровную культуру повышает их эффективность в два раза в сравнении с поверхностной подкормкой. Клевер луговой лучше растет при pH 6-7, люцерна - при pH 7-8. Эти травы требуют больше фосфора и калия, чем злаки, в первый период жизни им необходимо легкодоступные фосфаты. Клевер луговой потребляет много кальция, он выносит его в 10 раз больше, чем лен и зерновые.

Моллиден, бор и медь способствуют лучшему развитию корневой системы, повышают семенную продуктивность бобовых.

Клевер луговой, как правило, высевают под покров новых культур или однолетних трав. Доза удобрений должна учитывать обе культуры уплотненных посевов. Обязательно внесение извести, так как клевер плохо растет на кислых почвах и потребляет много кальция. Внесение органических удобрений на дерново-подзолистых почвах увеличивает выход клеверного сена на 15-20 ц/га. Органические удобрения вносят под покровную культуру или предшественник (30-40 т/га).

Фосфорные и калийные удобрения для клевера вносят под покровную культуру в запас (50-60 кг/га P_2O_5 и 60-80 кг/га K_2O). После уборки покровной культуры и перезимовки фосфорные и калийные удобрения можно не вносить, но если травы плохо растут, проводят подкормку (по 30-40 кг/га каждого элемента питания). На семенных участках клевера доза подкормки больше - по 50-60 кг/га, так как на 1 ц семян клевера расходуется по 10-14 кг P_2O_5 и K_2O .

Семена клевера перед севом обрабатывают смесью ризоторфина, молибдата аммония (250-300 г на 1 ц семян) и борной кислоты (150-200 г).

Азотные удобрения на посевах клевера вносят осторожно - с учетом погодных условий, обеспеченности фосфором и калием, ожидаемой урожайности. Например, планируются получить 45 ц/га сена. При содержании в абсолютной сухой массе сена 2% азота общее его количество в урожае с 1 га составит около 76 кг (при 16%-ной влажности сена выход сухого вещества с 1 га будет 38 ц/га). С сеном с поля вывозится 40% биологического выноса азота, т.е. с пожнивными и корневыми остатками остается 109 кг/га азота, а биологический вынос азота равен 187 кг. Как отмечалось, бобовые из почвы используют только треть потребленного азота, в нашем примере это 62 кг. В расчете на 1% гумуса из почвы клевер усваивает 25 кг/га азота, т.е. при 2%-ном его содержании - 50 кг/га. Недостающие 12 кг N восполняются из минеральных удобрений. Коэффициент использования азота из удобрений - 60%, т.е. нужно внести 20 кг/га д.в. азотных удобрений.

При совместном возделывании клевера и тимopheвки травостой используется два года. Удобрения (известковые, органические, минеральные) вносятся под покровную культуру, так же как и для клевера в чистом виде. После перезимовки, если травостой растет нормально, удобрения не вносят, если же клевер сильно пострадал и в травосмеси осталась преимущественно тимopheвка, вносят 40-50 кг/га азота.

При двухукосном использовании травостоев под второй укос вносят азот в дозе 30-35 кг/га. На второй год пользования рано весной поверхностно в подкормку вносят 40-50 кг/га азота, 30-40 - фосфора и 50-60 кг/га калия. Фосфорные и калийные удобрения на связанных почвах можно вносить осенью. После первого укоса, если планируется второй, вносят азот в дозе 30-40 кг/га. Для азотной подкормки лучше использовать *аммиачную селитру* - в этом случае меньше потеря азота. Из калийных удобрений применяют *хлористый калий*. При использовании аммофосфата, ЖСКУ и аммофоса учитывается азот, который вносится с этими удобрениями.

Люцерна более требовательна к плодородию почвы, чем клевер. Она дает высокие урожаи только на хорошо окультуренных почвах, с содержанием не менее 150-200 мг фосфора и калия в 1 кг. Корневая система люцерны развита сильнее, чем у других бобовых. Может высеваться в чистом виде и в составе травосмесей как без покровы, так и

под покров. Органические удобрения (40–50 т/га) применяют так же, как под клевер.

Известковую почву двойными или полудвойными дозами от расчетных. Первую полную дозу известковых удобрений вносят под плуг, вторую (полную или половинную) – по вспаханной почве и заделывают культиватором или дисковой бороной. Фосфорные удобрения (150–180 кг/га) и калийные (200–250 кг/га) вносят под основную обработку. На хорошо окультуренных почвах дозу фосфора можно уменьшить на 20–30%. Подкормки фосфорными и калийными удобрениями – по 40–60 кг/га – проводят ранней весной и после каждого укоса. Микроудобрения применяют так же, как на посевах клевера.

Под злаковые травосмеси органические, известковые, фосфорные и калийные удобрения в запас применяют так же, как и под клевер. После переизвозки на втором году жизни рано весной вносят полное минеральное удобрение: 50–70 кг/га азота, 40–50 – фосфора и 50–60 кг/га калия, а под второй укос – 40–50 кг/га азотных удобрений.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите об основных биологических особенностях, влияющих на систему удобрения рассматриваемых культур.
2. Как действуют фосфорные и калийные удобрения на разных по гранулометрическому составу почвах?
3. Какие виды диагностики используют для проведения подкормок?
4. Под какие культуры эффективно дробное внесение азотных удобрений?
5. Расскажите об особенностях систем удобрения озимых и яровых зерновых культур, картофеля, льна-долгунца.

14.6. УДОБРЕНИЯ СЕНОКОСОВ И ПАСТИЩ

Около 30% кормовых угодий республике размещаются на суглинистых и глинистых, 40 – на супесчаных и песчаных и 30% – на торфяных почвах. Луговые угодья, как правило, не отличаются высоким естественным плодородием и нуждаются в удобрении. Система удобрения лугов определяется их видом, почвенными условиями, ботаническим составом травостоя, режимом использования луга (сенокосный или пастбищный) и другими факторами.

Луговые травы потребляют много элементов питания, что обусловлено длительным вегетационным периодом и использованием травостоя в ранние фазы развития, когда травы поглощают наибольшее количество азота и калия (период максимального поглощения). По данным БелНИИПА, на луговых угодьях в год внесения усваивается 65% азота, 20 – фосфора и 60% калия, а на пастбищных больше.

Степень использования питательных элементов из удобрений зависит от доз последних, соотношения вносимых питательных элементов, почвенных условий, состава травостоя, числа укосов (стратификации), условий увлажнения. Так, на орошаемых лугах усваивается до 80% азота, до 30% фосфора и до 70% калия. Наиболее эффективно внесение *полного минерального удобрения*. На сенокосных лугах минеральные удобрения дают большую отдачу, чем на естественных кормовых угодьях, а на пастбищах выше, чем на сенокосах: если на сенокосах в расчете на 1 кг азота можно получить 10–12 кг к.ед., то на пастбищах – 20–24 кг к.ед.

На эффективность азотных удобрений заметно влияют *водный режим почвы и ботанический состав травостоя*. На лугах со злаковым и злаково-разнотравным травостоем они дают наибольшую отдачу, а если травостой включает более 20% бобовых трав, она ниже. Для травосмесей с бобовыми эффективнее фосфорные и калийные удобрения, особенно на торфяно-болотных почвах. Внесение азотных удобрений способствует увеличению доли злаковых в травостое за счет бобовых компонентов, а фосфорные и калийные удобрения, наоборот, увеличивают долю бобовых в травостое на минеральных почвах.

В злаковых травостоях содержание протеина прямо зависит от доз азота, в травостоях, состоящих на 40–60% из бобовых трав, эта зависимость не отмечается, а на содержание в сене протеина больше влияют фосфорные и калийные удобрения.

Удобрят сенокосы и пастбища *при коренном улучшении и перезапушеении и ежегодно*. Коренное улучшение и перезапушеение лугопастбищных угодий предполагает выполнение культуртрежнерских мероприятий (удаление кустарника, камней, выравнивание кочек и др.), внесение фосфорных и калийных удобрений (по 120–140 кг/га), а также органических. Дозы подстильного навоза и торфо-навозных компостов на суглинистых почвах – 40–50 т/га, на супесчаных – 50–60 т/га; бесподстильного навоза –

70–80 м³/га. Удобрения (минеральные и органические) вносят перед вспашкой. Известковые удобрения вносят по вспаханной почве и заделывают культиватором или дисковой бороной. Перед севом покровной культуры вносят полное минеральное удобрение (по 40–50 кг/га NPK).

Первые два года, чтобы сформировалась прочная дернина, участок используют как сенокос, затем его можно эксплуатировать как пастбище. На сенокосах минеральные удобрения наиболее эффективны при внесении под укос. Максимальная разовая доза азотных удобрений – 80–90 кг/га, при более высоких дозах азот вымывается и загрязняет грунтовые воды, а в сене накапливаются нитраты.

В опытах кафедры агрохимии ВСХА в среднем за четыре года этаковые трансоко при внесении N₈₀P₆₀K₉₀ рано весной + N₇₀ после первого укоса давали 73,4 ц/га сена, в контроле без удобрений – 32,5 ц/га, т.е. в расчете на 1 кг NPK прибавка составила 13,6 кг сена. Содержание нитратов в нем не превышало нормы.

Азотные удобрения на сенокосах вносят весной, фосфорные и калийные на связанных почвах – как осенью, так и весной. Фосфорные и калийные удобрения вносят в один прием, азотные – под каждый укос.

На лугах можно использовать любые твердые минеральные удобрения, но аммиачную селитру следует предпочесть мочеvine из-за меньших потерь азота. Жидкий навоз (50–60 т/га) лучше вносить под второй укос, так как рано весной можно нарушить дернину тяжелой техникой.

Для удобрения многолетних злаковых трав широко используются осветленные стоки свиномкомплексов. Изучение такого способа удобрения травостоев, проведенное кафедрой агрохимии ВСХА на свиномкомплексе "Заднепровский" (Оршинский район), подтвердило его эффективность. Оптимальный расход за полив – 250–300 м³ стоков на 1 га. Три удобрительных полива увеличили выход сухого вещества сена за три укоса на 56,2 ц/га, или на 100%, по сравнению с контролем без удобрения при хорошем качестве корма.

При пастбищном использовании луга *максимальная разовая доза азотных и калийных удобрений* – 60–70 кг/га во избежание избыточного накопления нитратов и калия в корме. *Фосфорные удобрения* можно вносить полной дозой сразу – весной или осенью, *азотные* – рано весной и после каждого стравливания, *калийные* – весной и после второго стравливания. Дозы минеральных удобрений для сенокосных и пастбищных угодий приведены в табл. 14.26.

14.26. Дозы минеральных удобрений для ежегодного внесения на лугах при сенокосном и пастбищном использовании, кг/га д.в.

Тип луга	Почва	Травостой	При сенокосном использовании			При пастбищном использовании		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Суходольный	Дерново-подзолистая	Естественный злаково-разнотравный	60–90	20–30	40–60	90–120	30–40	60–80
		Сеяный бобово-злаковый	45–60	45–60	60–90	30–60	40–60	60–90
		Сеяный злаковый	60–120	20–40	40–80	120–150	40–50	80–90
Низинный	Дерново-болотная	Естественный злаково-разнотравный	60–90	30–40	50–60	90–120	30–45	60–90
		Сеяный бобово-злаковый	20–30	45–60	60–90	20–30	40–60	90–120
		Сеяный злаковый	60–120	30–45	60–90	120–180	40–60	80–120
Пойменный	Пойменная дерново-болотная	Естественный злаково-разнотравный	60–90	20–30	40–60	100–150	30–45	40–60
		Сеяный бобово-злаковый	20–30	30–45	60–90	30–60	30–60	60–120
		Сеяный злаковый	60–120	20–40	60–90	120–180	30–45	60–90
Мелиорированный торфяник (культурные и переходного типа)	Торфяно-болотная низинного и переходного типа	Естественный злаково-разнотравный	20–30	30–45	60–90	30–60	30–60	120–180
		Сеяный бобово-злаковый	30–90	45–60	90–120	90–120	40–60	120–180
		Сеяный злаковый						

На орошаемых пастбищах дозы минеральных удобрений увеличиваются: за вегетационный период — 300–350 кг/га NPK в соотношении 3:1:2 ($N_{180}P_{60}K_{120}$). Весной вносится по 50–60 кг/га азота, фосфора и калия. После первого стратификации — 50–60 кг/га азота, после второго — по 50–60 кг/га азота и калия.

Жидкий томатенизированный навоз животноводческих комплексов можно на пастбища вносить только осенью и не более 50 т/га, иначе снизится поедаемость травы скотом.

14.7. УДОБРЕНИЕ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

Система удобрений плодовых садов и ягодных кустарников включает удобрение плодовых и ягодных питомников; окультуривание почвы перед закладкой сада; внесение удобрений при посадке плодовых деревьев и ягодных кустарников; удобрение плодоносящих насаждений. Система удобрения земляники состоит из удобрения маточника и ягодной плантации в специальных севооборотах.

14.7.1. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

Плодовые деревья растут и используются много лет и в разные периоды жизни предъявляют разные требования к условиям питания. По биологическим и хозяйственным показателям можно выделить три наиболее характерных периода: *от посадки до первого плодоношения; полное плодоношение; массовое усыхание больших скелетных ветвей.*

Продолжительность первого периода — от посадки до первого плодоношения — зависит от породных и сортовых особенностей. У вишни это два-три года, семечковых культур, привитых на сильнорослых подвоях, — пять-восемь лет. Плодовые деревья на слаборослых подвоях и скороплодных сортов вступают в плодоношение раньше. Яблоня, привитая на среднерослом вегетативно размножаемом подвое (дусене), начинает плодоносить на третий-четвертый год, а на слаборослом (парадизке) — на второй-третий.

В период до начала плодоношения у растений сильно растут надземная масса и корневая система, рост продол-

жается до поздней осени, вегетация часто затягивается, и растения подвергнутся риску подмерзания. Корневая система в это время еще недостаточно развита и чувствительна как к недостатку, так и к избытку питательных элементов. Слишком высокий уровень азотного питания усиливает рост вегетативной массы и замедляет вступление плодовых культур в плодоношение. В этот период важно сбалансированным применением удобрений "уравновесить" вегетативное и генеративное развитие растений.

В период полного плодоношения образуются плодовые веточки и почки, замедляется рост побегов. Для высоких урожаев необходима оптимизация питания растений, внесение оптимальных доз удобрений. В этот период *возрастает потребность в калии.*

Третий период — массовое усыхание больших скелетных ветвей — характеризуется затуханием плодоношения, отмиранием старых ветвей и образованием волчков, из которых формируется крона. *Дозы удобрений в этот период несколько ниже, чем во втором.*

На протяжении одного вегетационного периода плодовые культуры потребляют разное количество питательных элементов. Максимум потребления отмечается дважды: *весной* (до и во время распускания почек, цветение и образование листового аппарата) и *осенью* (накопление запасных питательных элементов и вторая волна роста корней: конец сентября — начало октября). Весной вначале больше потребляется калия, чем азота, осенью — азота. Фосфор используется на протяжении всей вегетации, первый максимум его потребления приходится на *конце мая — начале июня*, второй — на *август*. Косточковые культуры (вишня, черешня, слива, альча и абрикосы) более требовательны к уровню питания, чем семечковые (яблоня и груша).

Плодоносящие деревья из основных элементов усваивают больше всего калия, меньше — азота и еще меньше фосфора. В среднем для яблони отношение NPK для задания единицы биомассы составляет 1,95:1,2:5,3.

Отлучение питательных элементов в плодовых насаждениях происходит при обрезке ветвей, сгибании плодовых, опадании листьев. Причем около 25% питательных элементов отлучается с плодами и обрезанными ветвями и 40% — с листьями.

Своевременная уборка урожая, умеренное азотное питание при достаточной обеспеченности фосфором и кали-

ем способствуют закладке плодовых почек и уменьшают периодичность плодоношения.

Размещение корневой системы у плодовых культур различное. У груши она размещается на большей глубине, чем у яблони, у косточковых культур более поверхностная, чем у семечковых. Вертикальные корни плодовых культур углубляются на 10 м. Диаметр кроны, занятого корнями, в 1,5–2 раза больше диаметра кроны. Однако плотность корней в пределах проекции кроны обычно в 3–4 раза больше, чем за ее пределами.

Корни *черной смородины* залегают преимущественно в верхних (до 60 см) слоях почвы и лишь небольшая часть их уходит на глубину 1,5 м. В почвенном слое до 10 см у *смородины* находится до половины корней. У *красной и белой смородины* по сравнению с черной более мощная и глубокая корневая система. У *смородины* можно выделить **три периода жизни**, различающихся потреблением питательных элементов: до плодоношения, начало плодоношения и полное плодоношение.

Черная смородина требовательна к уровню питания. Из трех основных элементов минерального питания она больше потребляет азота, меньше калия и еще меньше — фосфора. Интенсивнее всего азот усваивается, когда растения выходят из состояния покоя и во время распускания почек. Максимальное потребление фосфора и калия также приходится на период распускания почек и цветения. *Черная смородина* из всех ягодных культур самая *отзывчивая на внесенные фосфорных удобрений*. Она хорошо использует питательные элементы из удобрений: коэффициент использования азота — 40–60%, фосфора — 10–20, калия — 40–50%.

У *красной и белой смородины* с урожаем и обрезанными ветвями азота и калия отщуждается больше, чем у черной. Однако их потребность в фосфоре значительно ниже. *Красная и белая смородина* более чувствительна к хлору, чем черная.

У *крыжовника* корневая система залегает неглубоко: основная масса корней расположена на глубине 5–40 см. *Крыжовник* более требователен, чем черная *смородина*, к уровню калийного питания. Он чувствителен к хлору, и поэтому лучше вносить бесхлорные калийные удобрения. При выращивании *крыжовника* на легких почвах может ощущаться недостаток магния, это устраняется внесением доломитовой муки (на кислых почвах) или других магнийсодержащих удобрений.

Малина имеет мочковатую корневую систему и основная масса корней у нее залегает в верхних слоях почвы — на глубине 10–30 см. *Малина* требовательна к плодородию почвы и минеральному питанию. Отличается высоким выносом питательных элементов, что объясняется образованием множества побегов и отмиранием не менее половины наземной массы. Особенно важен для нее *уровень фосфорного питания*. Наиболее интенсивно *фосфор и калий* потребляются в *период цветения и завязывания ягод*, позже усвоение этих элементов заметно снижается, тогда как потребление азота продолжается и после сбора ягод.

Земляника отличается высоким потреблением элементов питания, хотя с урожаем отщуждается незначительная их часть. Корневая система у *земляники* мочковатая, разветвленная. У нее самые длинные из всех ягодных культур корневые волоски. Основная масса корней (более 80%) располагается в верхних слоях почвы. В потреблении питательных элементов выделяются *два критических периода*: весной, когда происходит дифференциация и закладка цветочных почек, и осенью, в конце вегетации, когда закладываются рожки, плодовые почки и растут корни. В эти периоды *земляника* должна быть хорошо обеспечена питательными элементами, особенно азотом и фосфором. Максимум потребления питательных элементов наблюдается во время цветения и плодоношения.

Хотя плодовые и ягодные культуры нельзя назвать излишне чувствительными к кислотности почвы, поскольку отрицательно на них сказывается. По этому признаку *плодовые деревья* можно разделить на *две группы*: *слива, вишня, черешня и абрикос*, для которых необходима нейтральная реакция (оптимум pH 6,5–7), и *яблоня и груша*, которые хорошо развиваются на слабнокислых почвах (pH 6–6,5). *Ягодные культуры* можно разделить на *три группы*: растения, не переносящие кислых почв и активно отзывавшиеся на известкование (*смородина*, прежде всего черная, оптимум pH 6–6,5); растения, хорошо растущие на слабнокислых и нейтральных почвах (*земляника*, оптимум pH 5,5–6); растения, не переносящие избыток кальция и требующие известкования только сильнокислых и среднекислых почв (*малина*, pH 5,5–6; *крыжовник*, pH 5–6).

14.7.2. УДОБРЕНИЕ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ ПИТОМНИКОВ

Плодовый питомник состоит из *трех основных отделений*: отделение *маточных насаждений* (маточно-подвойный сад, обеспечение посадочный материал для выращивания подвоев, маточно-сортовой сад, районированных и перспективных плодовых пород и сортов, обеспечивающий питомник черенками для прививки, и маточный участок вегетативно размножаемых подвоев); отделение *размножения подвоев* — школа сеянцев; отделение *выращивания (формирования) привитых и корнесобственных саженцев*. Для отделения размножения (школы сеянцев) и формирования (школы саженцев) закладывают отдельные севообороты, так как выращивать сеянцы и саженцы несколько лет подряд на одном месте не рекомендуется.

Саженцы плодовых культур потребляют очень много питательных элементов, а значит, предъявляют высокие требования к плодородию и водно-физическим свойствам почвы.

В первом поле севооборота школы сеянцев проводят вспашку с почвоуглубителем (25–30 см) и вносят на 1 га 300 т верхового торфа и 90–120 кг фосфорных и калийных удобрений (в зависимости от обеспеченности почвы подвижными формами этих элементов). Вместо верхового торфа можно внести 100 т/га торфонавозного компоста или навоза, чтобы не было сорняков, желательно использовать чистый пар. Кислые почвы известкуют в два срока: осенью — под плуг и весной — под культиватор. Одновременно с севоом плодовых культур в рядки вносят транслированный суперфосфат (20 кг/га) так, чтобы между семенами и удобрениями была прослойка почвы в 1–2 см.

Во втором поле севооборота школы сеянцев, когда сеянцы окрепнут (3–4 настоящих листочка), проводят первую подкормку их азотом дозой 40–50 кг/га, а в начале интенсивного роста, но не раньше чем через 15–20 дней после первой, — вторую, дозой 40–45 кг/га.

В третьем поле севооборота школы сеянцев выращивают раннюю капусту, под которую применяют 40–50 т/га навоза + $N_{90}P_{60}K_{100}$. Если азотные удобрения вносятся с поливом, то концентрация раствора при первой подкормке должна быть в пределах 0,10–0,15%, а при второй — не более 0,2%.

Подвойный материал, выращенный в школе сеянцев,

высаживается в отделение выращивания привитых и корнесобственных саженцев (школа саженцев). Для школы саженцев в зависимости от схемы севооборота БелНИИ плодово-ягодного питомника рекомендуют следующие системы удобрения.

Первая схема севооборота: I поле — люпин на зеленое удобрение + 50 т/га торфонавозного компоста + $P_{100}K_{120-130}$; II — подвой (N_{90}); III — одноплетки ($N_{90}P_{90}$); IV — двухплетки (N_{60-90}); V — клевер + клевер ($N_{90}P_{60}K_{90}$); VI — клевер; VII поле — капуста + 40 т навоза + $N_{90}P_{60}K_{100}$.

Вторая схема севооборота: I–IV поля — те же, что и в первой схеме; V — люпин на силос ($P_{50}K_{10}$); VI — яровые зерновые ($N_{60}P_{60}K_{90}$); VII поле — капуста (40 т навоза + $N_{90}P_{60}K_{90}$).

В первое поле обоих севооборотов органические и фосфорно-калийные удобрения заделывают осенью под вспашку с почвоуглубителем. Подвой весной перед началом интенсивного роста подкармливают азотными удобрениями (40–50 кг/га), через месяц подкормку повторяют. На третьем поле питомника, где выращивают одноплетки, рано весной проводят первую азотную подкормку (30–45 кг/га), а затем при высоте окучников 15–20 см, т.е. в начале их интенсивного роста, — вторую той же дозой. На четвертом поле, с двухплетками, удобрения вносят по мере необходимости; если фосфорные и калийные прежде вносились высокими дозами, то ограничиваются только азотными. В плодном питомнике применяются мочевины, аммиачная селитра и другие азотные удобрения, суперфосфат, хлористый калий и т.д.

Ягодный питомник (школка) — специализированный севооборотный участок, где выращивают укорененные зеленые и комбинированные черенки (1–2 года), отводки (1 год), выращивают саженцы из одревесневших черенков (1–2 года). БелНИИ плодово-ягодного питомника саженцев смородины и крыжовника предложены следующие типичный севооборот: I поле — яровые зерновые с подсевом клевера; II — клевер первого года; III — клевер второго года; IV — пропашные (ранний картофель и др.); V — черенки и отводки (длительное саженцы ягодных культур); VI поле — двухлетние саженцы ягодных культур.

Почву под ягодный питомник готовят заранее. После уборки пропашных культур поле перепахивают на глубину перебойного горизонта с внесением 80–100 т/га торфонавозного компоста и 80–120 кг/га фосфорных и 90–120 кг/га калийных удобрений (лучше сернокислый ка-

лий, так как смородина чувствительна к хлору). Для улучшения физических свойств почвы и получения густоразветвленной корневой системы саженцев хорошо внести 100 г/га нейтрального или слабощелочного хорошо разложившегося торфа.

В школке первого года, как только растения тронутся в рост, их подкармливают мочевиной или аммиачной селитрой (30–40 кг/га). Если рост замедленный, через 15–20 дней подкормку повторяют. Сухие удобрения лучше вносить перед дождем или при поливе. Можно подкармливать 0,2–0,3%-ным раствором минеральных удобрений (200–300 г аммиачной селитры или 150–230 г мочевины на 100 л воды).

В школке второго года в начале вегетации перед первой культивацией проводят подкормку полным минеральным удобрением (по 60–90 кг/га NPK). Зерновые, травы и пропашные культуры удобряются так же, как и в полевых севооборотах, а маточные насаждения плодовых и ягодных культур — как плодonoсящий сад (см. табл. 14.23).

14.7.3. ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ И ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОСАДКЕ САДА И ЯГОДНИКОВ

Если почва отводимого для сада участка недостаточно плодородна, то лучше за два-три года до посадки провести на нем *окультуривание почвы*. Хотя в этом случае деревья будут посажены на несколько лет позже, они обогонят те, что посажены раньше в неокulturенную почву. Окультуривание почвы предполагает *известкование, внесение органических удобрений, посев многолетних трав и сидеральных культур*. Прежде всего на участок вносят 80–120 т/га органических, 90–100 кг/га фосфорных и 100–120 кг/га д.в. калийных удобрений и глубоко вспахивают. Дозы известковых удобрений рассчитывают на весь пахотный горизонт. Лучше две трети дозы известки запахать, а оставшееся заделывать культивацией в верхний слой почвы. Затем участок засевают многолетними бобовыми травами или бобово-злаковыми травосмесями. В год закладки сада зеленую массу последнего укоса запахивают в основную обработку почвы.

Участок со старопахотными, более плодородными почвами готовят за 3–5 месяцев до посадки. Весной или в начале лета высевают сидераты (люпин, горох, фацелию, сурепицу, рапс и т.д.) и в фазе бутонизации запахивают. Перед посевом сидератов вносят 70–90 кг/га азотных и по

90–120 кг/га д.в. — фосфорных и калийных удобрений. Под посевы бобовых культур (люпин, донник и сераделла) азотные удобрения не вносят.

При ускоренной закладке садов без предварительного окультуривания почвы удобрения вносят только при посадке в траншеи или посадочные ямы, а почву в междурядьях окультуривают в последующие годы.

Местное внесение удобрений при посадке обеспечивает питательными элементами дерева и кустарники в первые годы жизни. Особенно важен этот прием, если органические и минеральные удобрения не вносили при подготовке почвы. При механизированной посадке смородины, крыжовника, малины нередко ограничиваются только внесением удобрений перед посадкой, при окультуривании почвы.

Ямы под яблони и груши копают шириной 1,0–1,2 м, глубиной — 0,6 м, для вишни и сливы — 0,8 и 0,6 м, для ягодных кустарников — диаметром 50–60 см, глубиной — 30–35 см. Под яблоню и грушу в яму вносят 30–40 кг перегноя или компоста, под вишню и сливу — 15–25, смородины и крыжовника — 10–12 кг. Слаборазложившийся навоз использовать нельзя, так как, внесенный на большую глубину, он разлагается в анаэробных условиях с образованием вредных недоокисленных соединений, это может ухудшить приживаемость саженцев. Если под яблоню и грушу внести 30–40 кг качественных органических удобрений, минеральные можно не вносить, особенно на почвах с повышенной и высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Группировка почв по их содержанию приведена в табл. 14.27.

14.27. Группировка обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижными формами фосфора и калия для плодовых культур

Степень обеспеченности почв	Наличие фосфора в почве, г в 1 кг	Содержание калия в почве, г в 1 кг
Очень низкая	До 50	До 60
Низкая	50–100	60–120
Средняя	101–150	121–180
Повышенная	151–200	181–250
Высокая	201–250	251–350
Очень высокая	Более 250	Более 350

Дозы фосфорных и калийных удобрений, вносимых в посадочную яму, зависят от обеспеченности почвы этими элементами. При средней обеспеченности под яблоню и грушу вносят по 40 г фосфора и калия, при низкой — до 60 г каждого элемента. Рекомендованные дозы до 200 г фосфора в посадочную яму в ряде случаев себя не оправдали. По сравнению с дозой 60 г фосфора урожайность не возрастала, а на почвах с высоким его содержанием отмечались симптомы розеточности яблони (чаще — на слаборослых подоях). Это заболевание развивается при недостатке цинка, который связан с внесением избыточных доз фосфора. Чрезмерный уровень фосфорного питания также неблагоприятно сказывается на доступности меди. Избыток калия тормозит поступление кальция, магния, железа и ряда микроэлементов. Поэтому дозы фосфорных и калийных удобрений следует дифференцировать в зависимости от их содержания в почве.

Дозы фосфорных и калийных удобрений под сливу и вишню вносят меньшего размера посадочных ям по сравнению с семечковыми снижают в два раза. В первые годы жизни саженцы плодовых культур в достаточной мере обеспечиваются азотом из почвы и органических удобрений и азотные удобрения не вносят.

Для яблонных кустарников (смородины и крыжовника) в посадочную яму вносят 20–30 г фосфора и 10–15 г калия. Дозы дифференцируют в зависимости от содержания этих элементов в почве.

Для засыпки ям используется только верхний перегнойный слой почвы, почву подпахотных горизонтов разбрасывают в междурядьях. Органические удобрения равномерно перемешивают со всей почвой, используемой для засыпки ямы. Две трети дозы фосфорных и калийных удобрений высыплют на дно ямы и перекатывают, а оставшиеся перемешивают с почвой, которой засыпается нижняя половина ямы. Каждый саженец плодовых культур поливают 20–30 л воды, затем приставленные круги мульчируют торфом, компостом или перегноем.

В промышленных садах чаще используется траншейный способ посадки деревьев. Траншеи нарезаются плантажным плугом глубиной 45–60 см и шириной 40–50 см. На 100 м траншеи для семечковых культур вносят на дерново-подзолистых почвах 0,8–1,2 т органических удобрений, 4–6 кг фосфора и 2,0–2,5 — калия. Органические удобрения, как правило, укладывают перед нарезкой полосой

по линии будущей траншеи, а фосфорные и калийные лучше высыпать на дно борозды. После засыпки траншеи бульдозером со специальным приспособлением сажают саженцы и делают лунки для полива.

Под смородину, крыжовник и особенно малину органические удобрения вносят в борозды, нарезанные плугом. Посадку проводят машинной.

14.7.4. УДОБРЕНИЕ МОЛОДОГО И ПЛОДНОНОСЯЩЕГО САДА

Хорошая предпосадочная заправка удобрениями гарантирует рост деревьев первые два-три года. Если рост замедлится, весной поверхностно под первое рыхление вносят азотные удобрения в дозе 4–5 г азота на 1 м² приствольного круга и заделывают на глубину 10–12 см.

Первые 4–5 лет удобрения в саду вносят в приствольный круг. Затем зону внесения увеличивают, разбрасывая их по проекции кроны. Междурядья в молодом саду можно использовать под картофель, корнеплоды и другие культуры. Система удобрения междурядных культур должна быть направлена на повышение плодородия почвы.

Для четырехлетнего возраста приствольный круг (диаметр 2,0–2,5 м) примерно в два раза шире кроны, у 4–6-летнего дерева (диаметр 2,5–3,0 м) в полтора раза. Приствольные круги содержатся под чистым паром, еще лучше мульчировать их торфом или компостом.

Начиная с третьего-четвертого года жизни в молодом саду на почвах повышенного и среднего уровня плодородия в приствольные круги раз в 2–3 года, а на бедных почвах ежегодно вносят навоз или компост из расчета 6–8 кг на 1 м², или 25–30 кг на одно 3–4-летнее дерево и 40–50 кг на одно 7–8-летнее. Можно использовать сухой птичий помет в дозе 100–250 г на 1 м².

Средние дозы азотных и калийных удобрений — 9 г, фосфорных — 6 г д.в. на 1 м². На почвах с низким содержанием подвижных форм фосфора и калия дозы этих удобрений увеличивают в 1,5 раза, а с высоким — уменьшают. Лучшим азотным удобрением является мочевина, фосфорным — двойной суперфосфат, из калийных могут применяться хлористый калий и другие формы. Многолетние исследования Украинского НИИ садоводства не подтвердили распространенное в литературе мнение, что плодовые культуры отрицательно реагируют на хлор. По данным

этого инстигуа, под влиянием хлора повышается морозостойкость деревьев.

Дозы удобрений на одно дерево с учетом возраста определяют следующим образом. Если дереву 6 лет, то диаметр приствольного круга примерно равен 3 м (6:2), а площадь — 7 м². При дозах удобрений на 1 м² приствольного круга 6 кг навоза, по 9 г азота и калия и 6 г фосфора под одно дерево вносят 42 кг навоза, по 54 г азота и калия и 42 г фосфора.

Фосфорные и калийные удобрения лучше вносить осенью и заделывать около ствола на глубину 10–15 см и на периферии кроны на 18–20 см. Если удобрения не вносились осенью, можно сделать это весной. Из плодовых культур менее отзывчива на фосфорные удобрения груша, которая лучше других использует фосфор из запасов почвы. Дробное внесение азотных удобрений (две трети весной в фазе интенсивного роста корней и побегов и одна треть в середине лета) повышает их эффективность.

С началом плодоношения увеличивается вынос питательных элементов из сада. Если первые 4–5 лет после посадки саженцев в питания всех плодовых культур преобладает азот, то позднее яблони и груши выносят больше калия, поэтому дозы калия под семечковые увеличивают. В период массового плодоношения междурядные культуры лучше не возделывать. Система содержания почвы в плодоносящем саду может быть паровой, паро-сидеральной или травяной (дерново-травяной). В Беларуси чаще используется паровая система. Средние дозы удобрений для плодоносящих садов при паровой системе содержания почвы приведены в табл. 14.28. На почвах с низким содержанием фосфора и калия поправочный коэффициент к средней дозе равен 1,3, с повышенным содержанием — 0,75, высоким — 0,5 и очень высоким — 0,25. Фосфорные и калийные удобрения дают высокий эффект при внесении в период покоя (с октября до начала вегетации). Поэтому, если фосфорные и калийные удобрения не были внесены осенью, это надо сделать рано весной. В приствольных кругах удобрения лучше заделывать на глубину 10–15 см, а в междурядьях — до 20 см. Особенно осторожно обрабатывают почву под яблонями на слаброслых подвоях, корневая система которых расположена поверхностно.

Семечковые культуры на почвах, среднеобеспеченных фосфором, умеренно отзываются на фосфорные удобрения,

14.28. Дозы органических (т/га) и минеральных (кг/га д.в.) удобрений для плодоносящих садов и молодых

Удобрение	Семечковые		Косточковые		Смородина		Крыжовник	
	начало плодо- ноше- ния	полное плодо- ноше- ние	начало плодо- ноше- ния	полное плодо- ноше- ние	начало плодо- ноше- ния	полное плодо- ноше- ние	начало плодо- ноше- ния	полное плодо- ноше- ние
Навоз*	15	15	10	15	15	20	15	20
N	80	100	50	90	60	90	60	90
P ₂ O ₅	60	90	50	60	80	120	60	90
K ₂ O	90	120	50	90	60	90	80	120

* Органические удобрения вносят в дозе 40–45 т/га раз в три года в плодовых и 30–40 т/га раз в два года — в молодых насаждениях.

а при высоком содержании калия — очень слабо и на калий. Фосфорные и калийные удобрения можно применять в запас на два-три года. В опытах ВСХА на дерново-подзолистых легкоуглинистых почвах внесение в запас на два года осенью под вспашку 120 кг/га фосфора и 180 кг/га калия давало такой же эффект, как и ежегодное внесение 60 кг фосфора и 90 кг калия. Однако при внесении фосфорных и калийных удобрений в запас важно обеспечить растения магнием, бором и цинком.

Дозы азотных удобрений под семечковые культуры корректируют с учетом погодных условий: в холодный и влажный год их увеличивают на 20–30%, в сухой и теплый — наполовину снижают. Многочисленные исследования подтверждают, что дозы азота более 120 кг/га себя не оправдывают. Избыток азота во второй половине вегетации может задержать вызревание побегов и снизить морозостойкость деревьев. Наилучшие результаты дает дробное внесение азота: 40% доз рано весной, 30 — после цветения и 30% — осенью. Очень важно обеспечить плодородное дерево питательными элементами во время второй волны активного роста корней (конец сентября — начало октября), когда накапливаются резервные питательные вещества, от чего зависит морозоустойчивость, рост и урожайность растений в следующем году. Удобрения, внесенные осенью, используются деревьями до наступления зимы, а в незамерзающих слоях почвы корни растут и используют питательные элементы и зимой. Поэтому в последнее время рекомендуют вносить примерно 30% дозы азота осенью после уборки урожая. Дозы азотных, фосфорных, ка-

листных и других удобрений можно корректировать, используя листовую диагностику (см. гл. 13 "Диагностика питания растений").

При задернении сада фосфорные и калийные удобрения лучше вносить в запас на два-три года, так как, внесенные поверхностно, они из-за малой подвижности будут использоваться только травами. При задернении обязательны поливы и азотные подкормки, причем последние должны учитывать потребность многолетних трав.

При паросидеральной системе почву с весны обрабатывают по типу черного пара, а в середине лета на зеленое удобрение высевают однолетние травы (люпин, вико-овсяную смесь, фацелию и др.). Перед севом трав в почву вносят по 50–70 кг/га азота, фосфора и калия (под люпин азотные удобрения не вносят). Заделывают сидераты осенью или весной, внося для ускорения разложения 50–60 кг/га азота. Сидераты рекомендуются высевать раз в три года.

Чтобы увеличить доступность удобрений, их вносят осянками — в скважины, борозды в междурядьях, канавки. В молодых садах борозды (25–30 см) нарезают в 1–1,5 м от штамба, позже — чем старше деревья, тем дальше делается первая борозда; расстояние между бороздами — 0,8–1 м. В промышленных садах интенси́вного типа все шире используется глубокое очаговое внесение растворенных, эмульгированных или суспендированных удобрений тиробутом, шприцами и турбобурами. Этот способ особенно хорош для семечковых культур, выращиваемых на сильнорослых подвоях при задернении сада. Для удобрения одного 15–20-летнего дерева делают около 20 скважин глубиной 40–60 см. В них вносят сухие или растворенные удобрения. Для приготовления растворов пригодны все азотные и калийные удобрения, а из фосфорных — только простой и двойной суперфосфат. Можно использовать и комплексные удобрения. Особенно хорош для этой цели кристаллин, полностью растворимый в воде. Осенью раствор готовят 7–8%-ной концентрацией, во время вегетации максимальная концентрация — 3–5%. Недостаток кальция вызывает камедетечение слив, это устраняется известкованием.

Для оптимизации минерального питания плодовых культур проводят внекорневые подкормки макро- и микроэлементами: раствором мочевины; солями кальция против горькой ямчатости; растворами микроэлементов при признаках недостатка последних. Лучшее время опрыс-

кивания растений — утро или вечер, в пасмурную погоду также днем. Обработка раствором мочевины эффективна, когда ожидается очень высокий урожай и закладка цветочных почек из-за нехватки азота находится под угрозой. Опрыскивание проводят спустя 8–10 дней после цветения. Для яблони используют 0,4–0,5%-ный раствор мочевины, для груши вдвое слабее, сливы — 0,6–0,8%-ный и вишни — 0,4–0,8%-ный.

Против горькой ямчатости и бурой гнили плодов яблони и груши сад 6–8 раз обрабатывают 0,5–1%-ным раствором нитрата или хлорида калия. Первую подкормку проводят сразу после распускания листьев.

При слабом поражении яблони розеточностью из-за недостатка цинка эффективны двух-трехкратные внекорневые подкормки 0,3–0,5%-ным раствором сульфата цинка. При очень низком содержании в почве водорастворимого бора (менее 0,1 мг/кг) уменьшается завязывание плодов, появляется опробкование, это можно устранить внекорневыми подкормками 0,05%-ным раствором борной кислоты. Расход раствора — 800 л/га.

Внекорневые подкормки плодовых культур совмещают с обработкой против вредителей и болезней. При совместном применении нескольких микроэлементов доза каждого уменьшается в два раза.

14.7.5. УДОБРЕНИЕ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

На хорошо заправленных почвах черная смородина и крыжовник несколько лет не нуждаются в фосфорных и калийных удобрениях, можно ограничиться внесением азотных. Для формирования сильных кустов весной до распускания почек на плодonoсителей плантации вносят 60 кг/га азотных удобрений. Средние дозы удобрений на плодonoсителей плантации смородины и крыжовника приведены в табл. 14.24. Смородина более требовательна к уровню фосфорного питания, крыжовник — калийного. При низкой обеспеченности почвы фосфором и калием средние дозы фосфорных удобрений увеличивают на 25%, при повышенной — наполовину снижают. В год внесения органических удобрений (их вносят раз в два года) минеральные удобрения не применяют.

Удобрения под смородину и крыжовник можно вносить в борозды. Для этого один раз в три-четыре года по-

чву в междурядьях пахнут вевал. В близжайшие к кустам борозды (25–30 см) заделывают навоз и фосфорно-калийные удобрения, закрывая их при пахоте вразвал. Фосфорные и калийные удобрения можно вносить в запас на 2–3 года (под вспашку осенью), азотные – ежегодно, весной под культивацию. При высоком урожае смородины и крыжовника последние вносят в два срока: рано весной и в фазе зеленой завязи (подкормка).

Малина очень отзывчива на внесение органических удобрений. Перед закладкой плантации малины осенью после уборки культуры, предшествовавшей черному пару, вносят 150 т/га органических удобрений, 90–120 кг/га фосфорных и 120–150 кг/га калийных. Дозы фосфорных и калийных удобрений корректируют с учетом содержания этих элементов в почве. После внесения удобрений проводят глубокую вспашку с дискованием и выравниванием почвы планировщиком.

Траншейный способ подготовки почвы позволяет в 2–3 раза уменьшить расход органических удобрений по сравнению со сплошным окультуриванием почвы. Удобрения вносят в траншею при посадке растений осенью или весной. Для этого используют разбрасыватель РПТМ-2, 0А или переоборудованный кормораздатчик с боковым выбросом смеси удобрений. На 100 м траншеи вносят 3–5 т органических, 10 кг фосфорных и 20 кг калийных удобрений.

При хорошей предпосадочной заправке почвы в первые два-три года малину можно не удобрять. Только при слабом росте растений в первый и второй год весной их подкармливают азотом (60 кг/га). В дальнейшем внесение удобрений обязательно. В период полного плодоношения вносят 90 кг/га азота, 60–120 – фосфора и 90–150 кг/га калия. Конкретные дозы фосфорных и калийных удобрений зависят от содержания этих элементов в почве: при средней обеспеченности ими это 90 кг/га P_2O_5 и 120 кг/га K_2O , при низкой и повышенной выше или ниже средних на 30%.

Лучшее время внесения азотных удобрений под малину – весна – до рыхления почвы после схода снега, органических (мульчирование) – после рыхления почвы, фосфорных и калийных – осень. Доза мульчи (торф, компост) – около 60 т/га. Мульча заделывается при осенней обработке почвы. Фосфорные и калийные удобрения могут вноситься и весной, вместе с азотными. При заделке удобрений

глубина обработки почвы в междурядьях малины – 12–15 см.

Малина очень восприимчива к недостатку магния, который особенно часто проявляется на легких почвах и при внесении повышенных доз калийных удобрений. Потребность в магнии будет удовлетворена, если до посадки малины было проведено известкование доломитовой мукой. Недосток магния можно устранить внесением невысоких доз доломитовой муки (0,5 т/га) в том случае, когда не проводилось известкование или применялись известковые удобрения, не содержащие магний (мед и т.д.).

Землиники возделывают в специальных севооборотах. Высокие урожаи она дает на плодородных, хорошо окультуренных почвах, содержащих не менее 100–150 мг в 1 кг подвижного фосфора и 150–200 мг обменного калия. Поэтому перед посадкой проводят глубокую обработку почвы, вносят удобрения, очищают поле от сорняков, а кислые почвы (рН ниже 5,2) известкуют. В качестве органических удобрений лучше использовать полуперепревший навоз, перепревший и хорошо вызревший компост в дозе 80–100 т/га. Их заделывают вспашкой не позднее чем за 7–10 дней до посадки. Нельзя использовать свежий навоз, так как он плохо перемешивается с почвой, корни, соприкасаясь с ним, плохо приживаются и растения могут выпадать. Свежий навоз вносят только под предшественник.

Фосфорные и калийные удобрения можно внести в запас на три года вместе с органическими удобрениями, но можно вносить и ежегодно. В первом случае средние дозы фосфора 100–120 кг/га, калия – 110–120, во втором – по 40–50 кг/га.

При хорошей заправке почвы органическими и минеральными удобрениями на плантациях первого и второго года жизни удобрения обычно не вносят. Если растения отстают в росте, весной вносят 30–40 кг/га азота, однако при избытке последнего вегетативная масса может развиваться в ущерб плодоношению.

На второй год после сбора ягод проводят подкормку ($N^{30}P^{40}K^{60}$), на третий и последующий годы рано весной вносят 20–40 кг/га азота, а после сбора ягод и скашивания листьев 40 кг/га фосфора и 40–50 – калия.

Исследования показали, что двукратная обработка растений – в начале цветения и во время роста завязей – 0,01–0,02%-ным раствором сернокислого цинка повышает урожайность земляники на 15–20%. Эффективны также в

начале роста подкормки раствором из микроэлементов и мочевины (по 0,02% перманганата калия, борной кислоты и молибденовокислого аммония и 0,2% мочевины).

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные приемы окультуривания почвы перед закладкой плодового сада и ягодников.
2. Изложите систему применения удобрений в плодовых и ягодных питомниках.
3. Расскажите об особенностях питания плодовых культур.
4. Какова система применения удобрений под семенные и косточковые культуры?
5. Каковы особенности питания и удобрения земляники?
6. Расскажите о системе удобрения красной и черной смородины, крыжовника и малины.

14.8. УДОБРЕНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Овощные культуры требовательны к почвам и дают хорошие урожаи на окультуренных дерново-подзолистых пойменных и торфяных почвах низинного типа. Для них используется своя группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия (табл. 14.29) и более высокие дозы удобрений.

14.29. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия для овощных культур, мг в 1 кг почвы (по Кирсанову в 0,2 М НС)

Обеспеченность почвы элементами питания	Дерново-подзолистые		Торфяные	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкая	80-150	80-120	До 200	До 250
Средняя	160-200	130-170	200-400	260-350
Повышенная	210-300	180-250	410-600	360-500
Высокая	Более 300	Более 250	Более 600	Более 500

Все овощные культуры выносят много питательных элементов. Из запасов почвы разные культуры используют от 5 до 10% фосфора и от 30 до 60% калия, а из минеральных удобрений — 50-70% азота, 15-30% фосфора и 60-80% калия. Разные овощные растения требуют разной концентрации солей в почве. Под некоторые культуры можно повышать дозы удобрений, не опасаясь причинить

им вред. Самые чувствительные к концентрации солей — лук и чеснок. Под них лучше вносить навоз, а минеральные удобрения в небольших дозах сочетать с органическими. Свекла, томаты, морковь хорошо реагируют только на минеральные удобрения и для них органические удобрения можно вносить под предшественник.

Реакция растений на концентрацию почвенного раствора во многом зависит от свойств почвы, в первую очередь от буферности и влагоемкости, а также от содержания органического вещества, обуславливающего ее поглощательную способность. Так, высокая концентрация солей в торфяной почве не угнетает овощные культуры, а те же дозы на супесчаной почве приостанавливают их рост.

На кислых почвах могут расти томаты, редька, репа; плохо переносят кислотность капуста, свекла, огурцы, морковь, бобы, сельдерей, лук. Редис, капуста, горох хорошо растут на слабокислых и нейтральных почвах, а салат, фасоль, шпинат и чеснок — только на нейтральных.

Особенности культур усваивать питательные элементы из почвы обусловлены их биологией: строением корневой системы, длиной вегетационного периода и т.д. Капуста потребляет элементы очень интенсивно, лук, морковь, столовая свекла — медленно, томаты занимают промежуточное положение.

Основное количество органических и фосфорно-калийных удобрений вносят под осеннюю вспашку почвы, а азотные — весной. Для мелкоземных и ранних культур возможно также внесение удобрений при посеве (табл. 14.30). На рядковое внесение отзывчивы редис, шпинат, салат, укроп.

14.30. Дозы удобрений в рядки и при подкормке овощных культур, кг/га

Культура	В рядки при посеве (посадке)			Первая подкормка			Вторая подкормка		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста белокочанная:									
ранняя	14	20	10	20	-	30	-	-	-
среднепоздняя	15	15	15	30	20	30	40	-	60
Морковь	-	10	-	15	10	20	-	-	-
Свекла	10	10	10	20	15	30	20	-	60
Огурцы	10	10	10	20	20	20	15	-	40
Томаты	10	10	10	15	20	15	30	-	30
Лук репчатый	-	10	-	20	15	10	20	-	20

14.31. Дозы удобрений под овощные культуры, кг/га д.в.

Культура	Урожайность, ц/га	Дозы азотных удобрений при степени окультуренности почв			Дозы фосфорных удобрений при обеспеченности почв P_2O_5				Дозы калия при обеспеченности почв K_2O				
		средней	хорошей	высокой	низкой	средней	повышенной	высокой	низкой	средней	повышенной	высокой	
Дерново-подзолистые почвы													
Капуста белокочанная*	400	110	90	60	60	30	—	—	120	90	60	30	
	600	120	110	100	120	90	60	—	150	140	120	90	
	800	—	120	120	—	120	90	60	—	150	150	140	
Свекла столовая	300	90	60	30	60	30	—	—	—	90	60	30	
	400	90	90	60	90	60	30	—	100	100	90	60	
	500	90	90	90	120	90	60	30	120	120	120	90	
Томаты	200	60	30	—	90	60	30	—	—	60	30	—	
	300	90	60	30	120	90	60	30	90	90	60	30	
	400	90	90	60	—	120	90	60	120	120	90	60	
Морковь	400	30	—	—	90	60	30	—	120	90	60	—	
	500	60	30	—	120	90	60	30	150	120	90	60	
	600	90	60	30	—	120	90	60	—	150	120	90	
Огурцы*	100	30	—	—	90	60	30	—	90	60	30	—	
	200	60	30	—	120	90	60	30	120	90	60	30	
	300	90	60	30	—	120	90	60	—	120	90	60	
Минеральные пойменные почвы													
Капуста ранняя*	300	60	30	—	—	40	20	20	—	90	60	30	
	400	90	60	30	—	60	40	20	—	120	90	60	
	500	120	90	60	—	80	60	40	—	150	120	90	

Продолжение табл. 14.31

Капуста среднепоздняя*	400	60	30	30	—	40	20	—	150	120	90
	600	110	90	60	—	80	60	40	180	180	150
	800	120	120	110	—	110	100	80	210	210	210
Морковь	300	30	—	—	—	60	10	10	90	60	30
	500	90	30	30	—	80	60	10	150	120	90
Свекла столовая	300	30	—	—	—	60	40	10	90	60	30
	500	90	30	30	—	80	60	10	150	120	90
<i>Торфяники</i>											
Морковь	300	30	—	—	—	60	40	10	90	60	30
	500	60	30	—	—	100	80	60	150	120	60
Свекла столовая	300	30	—	—	—	60	40	10	90	60	30
	500	60	30	—	—	100	80	60	150	120	90

* На дерново-подзолистых и пойменных почвах фон для капусты — 40 т/га, огурцов — 60–80 т/га навоза.

роп, морковь и свекла (на лучковую продукцию). Под морковь и репчатый лук в рядки вносятся только фосфор (гранулированный суперфосфат), а под огурцы, свеклу, томаты, капусту белокочанную среднеспозднюю — полное минеральное удобрение. Удобрение в рядках должно располагаться в 2–3 см от семян. При механизированной посадке рассады удобрения вносят с водой (концентрация раствора до 0,2%).

Если в основном заправку внесены не все удобрения, растения подкармливают азотными, а при необходимости и полными удобрениями при междурядной обработке. Первую подкормку проводят через 30–35 дней после посева (при появлении третьего настоящего листа) или через 10–15 дней после посадки рассады, вторую — в период интенсивного роста растений. Удобрения вносят культиватором-растениепитателем: при первой подкормке на расстояние 6–8 см от растений на глубину 5–8 см, при второй — в середину междурядья на глубину 10–12 см.

Белокочанная капуста хорошо растет на плодородных почвах со слабнокислой или нейтральной реакцией (рН 6,5–7,2), на кислых она поражается килой, причем ранняя сильнее, чем поздняя. При урожайности 80 т/га и отношении товарной части урожая (кочанов) к нетоварной 60:40 из почвы выносятся 320 кг азота, 100 — фосфора и 400 кг калия. Максимум питательных элементов потребляется при формировании кочана. Дозы удобрений приведены в табл. 14.31.

Навоз и фосфорно-калийные удобрения под капусту вносят осенью или весной под вспашку, азотные — незадолго до высадки рассады. Предельная доза азота — 120 кг/га. Местное внесение при посадке по 15 кг/га д.в. сложных удобрений (нитроаммофоска, нитрофоска и др.) увеличивает урожайность на 50 ц/га. Одновременно подкормки капусты проводят главным образом азотно-калийными удобрениями перед формированием кочана при планировании высоких урожаев средне- и позднеспелых сортов (табл. 14.30). Под капусту применяют сульфат аммония, мочевину, аммиачную селитру, двойной суперфосфат, хлористый калий и другие формы однокомпонентных и комплексных удобрений. Капуста хорошо отзывается на серосодержащие удобрения.

Столовые корнеплоды. При урожайности свеклы 300 ц/га с корнеплодами и соответствующим количеством ботвы с 1 га выносятся примерно 100 кг азота, 25 — фосфора и 130 кг калия, морковь при такой же урожайности

выносит соответственно 135, 45 и 150 кг. Наибольшее количество питательных элементов поглощается в период интенсивного роста корнеплодов.

Оптимальная реакция почвы для столовой свеклы близка к нейтральной (рН 6,2–7,5), моркови — рН 6,0–6,5. В отличие от столовой свеклы морковь не переносит избытка калия, поэтому известкование под нее проводят под предшественики.

И свекла, и морковь — калиелюбивые культуры и на единицу товарной части урожая потребляют значительно больше калия, чем азота. Морковь отрицательно реагирует на высокие концентрации почвенного раствора. На окультуренных почвах она не отзывается на большие дозы удобрений и дает высокую урожайность при их умеренном внесении. Предельная доза азота под морковь — 90 кг (на торфяниках — 30–60 кг), столовую свеклу — 90 кг/га (на торфяниках — 40–70 кг).

Столовая свекла требовательна к бору. При недостатке бора (особенно после известкования) она снижает урожайность и может заболеть сердцевинной или серой гнилью. Это устраняется внесением 1,0–1,5 кг/га бора в основное удобрение или 25–35 г при некорневой подкормке, когда растения находятся в фазе 3–4 настоящих листьев.

Морковь и столовая свекла положительно реагируют на натрий, поэтому в качестве калийных удобрений лучше использовать калийную соль. Столовые корнеплоды отзывчивы на внесение перепревшего навоза, однако нельзя использовать слабонерпревший навоз — это может вызвать разветвление корнеплодов, ухудшить их форму (особенно у моркови), что снижает лежкость и товарную ценность продукции. Поэтому столовые корнеплоды рекомендуются размещать на второй год после внесения органических удобрений. Дозы удобрений под морковь и свеклу приведены в табл. 14.31.

Система удобрения столовых корнеплодов состоит из допосевного (основного) внесения и внесения небольших доз минеральных удобрений при посеве. На посевах свеклы можно проводить две, моркови — одну подкормку минеральными удобрениями (табл. 14.30). Срок первой подкормки моркови — через две-три недели после всходов, столовой свеклы — при появлении 1–2 настоящих листочков, второй — в начале формирования корнеплода.

Огурцы. Короткий вегетационный период огурцов (от 40 до 75 дней в зависимости от сорта) и слабая корневая

система делает эту культуру требовательной к плодородию почв. Огурцы размещают на окультуренных почвах с высоким содержанием гумуса и обязательно вносят органические удобрения. Максимальное потребление питательных элементов приходится на период плодообразования. На каждые 100 ц плодов огурцы из почвы выносят 29 кг азота, 19 — фосфора и 44 кг калия. Огурцы не любят кислых почв, оптимальный интервал pH 6,5–7. Известкование лучше проводить под предшественник, а под огурцы — небольшими дозами (1–2 т/га). Огурцы очень отзывчивы на повышенные дозы органических удобрений. Навоз улучшает тепловую режим, усиливая микробиологическую деятельность почвы, повышает снабжение растений углекислотой, которая хорошо усваивается его стеблевыми листьями. Хороший эффект дает сочетание органических и минеральных удобрений.

Огурцы не переносят высокой концентрации почвенного раствора, поэтому система удобрения включает основное внесение, припосевное и подкормки (табл. 14.30, 14.31). Первую подкормку проводят спустя 15–20 дней после посадки, вторую — в начале цветения. Лучше применять концентрированные удобрения. Хороший эффект дает обработка семян 0,1%-ным раствором бора. Предельно допустимая доза азота для огурцов — 90 кг/га.

Томаты высаживают рассадой. Они потребляют относительно других овощных культур немного элементов питания. В расчете на 10 т плодов ранние сорта потребляют 20–35 кг азота, 7–9 — фосфора и 40–50 кг калия, среднеспелые — 30–40, 8–12 и 50–60 кг. Томат хорошо растет на окультуренных слабокислых почвах (pH 5,6–6,7). Известковать лучше доломитовой мукой и осторожно, так как томаты плохо переносят избыток кальция.

Корневая система томатов хорошо развита, мочковатая, проникает в почву на 100–120 см. В начале роста недостатком избыток азота, так как сильное развитие вегетативной массы ослабляет плодоношение. Поэтому азот лучше вносить дробно: до посадки и в подкормку. Наиболее интенсивно азот и калий потребляются при активном накоплении органического вещества. Томаты очень отзывчивы на фосфорные удобрения. Поглощение фосфора заканчивается, когда нарастет листовая масса и начнут завязываться плоды. Если от азота интенсивно нарастает вегетативная масса, образуются пасынки и затормаживается созревание плодов, то фосфорно-калийные удобрения на уме-

ренном азотном фоне способствуют дружному созреванию плодов и улучшению их качества.

Плоды наливаются в основном за счет передвижения элементов питания из вегетативных органов. Из всех сельскохозяйственных растений элементов питания плоды накапливают 70% азота и фосфора и 90% калия.

Под томаты вносят 30 т/га перепревшего или 20–30 т/га перепревшего навоза или компоста. Хорошие урожаи получают также при размещении по удобренному навозом предшественнику. На окультуренных почвах можно ограничиться только минеральными удобрениями. Но эффективнее внесение минеральных удобрений на фоне небольших доз органических. Система удобрения томата складывается из основного удобрения, внесения небольших доз минеральных удобрений при посеве и подкормки.

На почвах с низким содержанием бора, цинка и марганца вносят микроэлементы. Борные удобрения повышают сахаристость плодов и содержание в них витамина C. Их вносят до посева в дозе 1–2 кг/га бора, а при некорневой подкормке — 500 г борной кислоты на 1 га.

Репчатый лук предпочитает окультуренные супесчаные и легкосуглинистые почвы. Хорошие урожаи дает и на низинных торфяниках, однако избыток азота затормаживает созревание луковиц и они плохо хранятся. Оптимальна близкая к нейтральной реакция почвы (pH 6–7). Корневая система у лука развита слабо.

Лук чувствителен к концентрации солей в почве, поэтому минеральные удобрения вносят в несколько приемов. Он хорошо отзывывается на внесение перепревшего навоза или перегноя (30 т/га). Высокие дозы свежего навоза (50–60 т/га) вызывают сильный рост пера и задерживают вызревание луковиц, поэтому свежий навоз в больших дозах вносят под предшественник. Самые высокие урожаи лука дает, когда под него вносят средние дозы минеральных удобрений, а органические — под предшествующую культуру.

В первую половину вегетации лук использует больше азота, во время формирования луковиц — фосфора и калия. Избыточное азотное питание во второй половине вегетации задерживает созревание луковиц.

С урожаем лука 300 ц/га выносится 90 кг азота, 40 — фосфора и 120 — калия. Лук для образования ароматических веществ необходима сера, поэтому используются серосодержащие удобрения (сульфат аммония, сульфат калия и др.).

Репчатый лук чаще выращивают из семки (мелкие луковицы 2-3 см в диаметре) и семян (чернушка).

На дерново-подзолистых почвах при средней обеспеченности подвижными фосфором и калием по последней культуру 40-60 т/га навоза или компоста при урожайности лука на репку в 20 т/га вносят по 90 кг/га азотных и калийных и 80 кг/га фосфорных удобрений; если планируется получить 30 т/га, дозу азота увеличивают до 120 кг/га. На пойменных почвах в первом случае вносят $N_{90}P_{60}K_{90}$, во втором — $N_{120}P_{80}K_{90}$. Система удобрений репчатого лука складывается из основного, припосевного удобрения и подкормки. При посеве вносят транслированный суперфосфат в небольших дозах — 10-20 кг/га. Подкормки проводят только в первой половине лета (иначе не вызревают луковицы); спустя месяц после посадки севком и 2-2,5 месяца при посеве семенами (20 кг/га азота и 30 — калия).

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите об особенностях питания овощных культур.
2. Когда известкуют почву под капусту и столовую свеклу?
3. От чего зависят дозы удобрений под овощные культуры?
4. Как применяют органические и минеральные удобрения под капусту, столовые корнеплоды и репчатый лук?
5. Что включает система удобрения огурцов и томатов?

14.9. ОСОБЕННОСТИ УДОБРЕНИЯ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ

В Беларуси более 7 млн. га заболоченных земель, 3 млн. га из них осушенные торфяники. В основном низинные (80%). Сельскохозяйственное значение имеют низинные и переходные торфяники. В торфяно-болотных почвах на единицу азота приходится в 5-10 раз меньше фосфора и в 30-40 раз — калия, чем на минеральных почвах. При окультуривании торфяно-болотных почв содержание подвижных элементов питания уменьшается и зависит от свойств почвы, водного режима, интенсивности удобрения. Содержание питательных элементов может варьировать в значительных пределах (в том числе в границах полей севооборота): от 200 до 1200 мг и больше в 1 кг почвы.

Особенностью земледелия на торфяно-болотных почвах является использование азота из запасов почвы и интен-

сивное внесение калийных, фосфорных, а также микро (медных и борных) удобрений. При правильном внесении удобрений (рациональные дозы, учитывающие соотношение элементов питания, оптимальные сроки, способы внесения) улучшается использование растениями питательных элементов из почвы. При возделывании культур на торфяно-болотных почвах большую роль играют водный режим, мощность слоя торфа и степень разложения органического вещества.

В табл. 14.32 приведены дозы фосфорных и калийных удобрений на торфяно-болотных почвах. По данным БелНИИПА, оптимальное соотношение фосфора и калия для зерновых культур 1:1,5, для пропашных и многолетних трав — 1:2. Расчет конкретных доз удобрений проводится с учетом специфики усвоения фосфора и калия из почвы и удобрений. Из почвы используется 10-20% фосфора и 30-50 — калия, из удобрений — соответственно 15-30 и 50-70%.

14.32. Дозы фосфорных и калийных удобрений на торфяно-болотных почвах, кг/га

Содержание P_{2O_5} и K_2O , мг/г почвы	Под многолетние травы	Под зерновые	Под пропашные
Фосфорные удобрения			
0-100	80-100	100-120	120-150
100-200	60-90	80-100	120-150
200-400	45-60	60-80	90-120
400-600	30-45	40-60	60-90
600-1000	20-30	20*-40	45**—60
Более 1000	—	10*	20**
Калийные удобрения			
0-150	140-160	140-160	210-240
150-250	120-150	120-150	210-240
250-500	90-120	90-120	170-200
500-800	60-90	60-90	130-160
800-1200	45-60	45-60	90-120
Более 1200	30-45	—	30-45

* — в рядки, ** — при посеве.

Пример. В почве содержится 400 мг/кг подвижного фосфора. Плотность торфяно-болотных почв в шесть раз меньше, чем минеральных. Коэффициент пересчета будет

не 3, а 0,75 (с учетом пахотного слоя 30 см), поэтому запасы фосфора на 1 га равны примерно 300 кг (400х0,75). Если считать, что из почвы растения усваивают 15% содержащегося в ней фосфора, с 1 га они потребуют 45 кг. Аналогично рассчитывают количество калия, усваиваемое растениями из запасов почвы.

Сроки внесения фосфорных и калийных удобрений зависят от водного режима почвы и особенностей минеральных удобрений.

Для большинства сельскохозяйственных культур, возделываемых на торфяно-болотных почвах, грунтовые воды не должны подходить весной (апрель) к поверхности почвы ближе чем на 60–70 см, летом – ближе чем на 100–110 см. Это одно из главных условий высокой окупаемости минеральных удобрений на торфяно-болотных почвах. В среднем 1 кг д.в. фосфорных и калийных удобрений на торфяно-болотных почвах окупается 4,0 кг зерна озимой пшеницы, ржи, ячменя или 4,5 кг овса, или 130–160 кг корней и клубней, или 200–230 кг зеленой массы кукурузы, 30–40 кг сена многолетних трав.

Фосфорные удобрения слабее растворяются, чем калийные, лучше закрепляются в торфяно-болотной почве, меньше вымываются. Их можно вносить с осени под культуру ярового сева при отрегулированном уровне грунтовых вод. Калийные удобрения легко растворимы, калий в торфяниках находится в основном в обменной форме и легко вымывается. Ежегодно его теряется 25% и более, тогда как на минеральных почвах – 10–15%. Особенно велики потери калия на торфяниках с неотрегулированным водным режимом, а также с отрегулированным во время паводков, при ливневых дождях и т.п. Осеннее внесение калийных удобрений допускается на участках с отрегулированным водным режимом. На торфяниках, которые могут затопливаться паводковыми водами или когда грунтовые воды весной (апрель) подходят к поверхности ближе чем на 50 см, фосфорные и калийные удобрения вносят весной, при осеннем внесении от вымывания теряется 40–50% элементов питания. Калийные удобрения вносят однократно перед посевом (для многолетних трав в расчете на укос), фосфорные – двукратно, перед и во время сева. Дозы фосфорных удобрений при посеве под зерновые – 10–20 кг/га, под пропашные (картофель) – по 20–30 кг/га д.в. фосфорных, калийных и азотных удобрений.

В сельском хозяйстве используются значительные пло-

щади почв с малой мощностью торфа, нередко вырабатанные торфяники. В ряде случаев земляной покров состоит из сложных смесей торфяно-болотных и дерново-подзолистых почв, прежде всего песчаных и супесчаных. Такие почвы, особенно с кислой реакцией раствора, содержат не много азота и на них необходимо вносить 30–40 кг/га азотных удобрений (рекомендации БелНИИПА).

На старопашотных торфяниках с высокой степенью разложения органического вещества такими же дозами проволотать покормки зерновых при слабом развитии растений из-за холодной весны. Дозы азотной покормки многолетних трав колеблются от 45 до 180 кг/га в зависимости от возраста и состава травосмеси, содержания в почве фосфора и калия. Робово-злаковые травосмеси подкармливают начиная со второго года жизни дозами 45–90 кг/га – чем старше травы, тем больше доза. Злаковые травосмеси нуждаются в азотных удобрениях в большей степени. В первый год жизни начиная со второго укоса вносят 60–90 кг/га азота, в последующие годы – до 180. При внесении высоких доз фосфорных и калийных удобрений азотом подкармливают также сахарную свеклу, овощи, кукурузу – 30–45 кг/га. При оптимальном уровне фосфорного и калийного питания внесение азотных удобрений на торфяных почвах под многолетние травы является обязательным приемом.

При освоении торфяных почв в год залужения реакция растений на азотное питание зависит от степени разложения торфа, биологического состава образовавшихся его растений, водно-воздушного режима и агрохимических мероприятий. На слабообразовавшихся моховых торфяных почвах растения хорошо отзываются на внесение азотных удобрений. На торфяниках тростникового, осоково-тростникового и ольхового происхождения азотные удобрения в период освоения (два года) и в год залужения не вносят. При определении потребности в азотных удобрениях учитывается, что за счет азота почвы при внесении фосфорных (60 кг/га) и калийных (180 кг/га) удобрений можно получить с 1 га 60–70 ц абсолютно сухого вещества, на торфяно- и торфянисто-глеевых почвах – около 50 ц/га. Для увеличения продуктивности торфяников требуется минеральный азот. Дозы азотных удобрений D_a рассчитываются по формуле

$$D_a = \frac{100(Y_1 - Y_2)B}{K_y} \quad (\text{кг/га}),$$

где Y_1 — планируемая урожайность, ц/га абсолютно сухого вещества; Y_2 — часть урожайности, формирующаяся при использовании только почвенного азота, ц/га абсолютно сухого вещества; B — вынос азота на 1 ц продукции, кг; K_1 — коэффициент использования азота из удобрений, %.

Азотные удобрения на сенокосных угодьях вносят дробно, под каждый укос. Первый раз, чтобы избежать вымывания, их вносят в начале отрастания растений. Под третий укос дозы на 20–30% меньше, чем под первый и второй.

На эффективность удобрений влияет возраст травостоя. На травях третьего и четвертого года 1 кг азотных удобрений дает прибавку абсолютно сухого вещества 20–25 кг, 7–8-летнего использования — 28–29 кг. На средне-мощных и мощных торфяных почвах дозы выше 240 кг/га нерациональны. Азотные удобрения повышают содержание сырого протеина в многолетних травах с 13 до 16%, переваримого — с 9–10 до 13–13,5%.

В год залужения на вновь осваиваемых и слабокультурных почвах вносят годовую дозу фосфорных удобрений (90–120 кг/га), тщательно перемешивая их с почвой, в дальнейшем дозы удобрений корректируются с учетом выноса фосфора урожаем и вносятся в один прием поздней осенью или ранней весной.

Интенсивное использование травостоев обуславливает высокий уровень потребления калия (300 кг/га и более). На травах первого — третьего года и при залужении калийные удобрения вносят по балансовым расчетам, позже — с учетом выноса урожаем. Дозу вносят в два-три приема, так как калий удобрений лучше используется и меньше накапливается в растениях. Время первого внесения — весна или осень в зависимости от условий увлажнения, второго и третьего — после укосов. Последняя доза на 15–20% меньше первой и второй. Дозы минеральных удобрений при возделывании многолетних трав на торфяных почвах приводятся в табл. 14.32. На выработанных торфяниках дозы НК под зерновые — соответственно 70–80, 100–110, 120–140 кг/га, картофель — 80–90, 120–140, 220–240 кг/га, бобово-овсяные смеси — 50–60, 90–100 и 120–140 кг.

Торфяно-болотные почвы бедны микроэлементами, особенно важно вносить микродержащие удобрения, на которые хорошо отзываются яровые зерновые культуры, многолетние травы, зернобобовые. На большей части торфяников их вносят не реже чем через 5–6 лет в дозе 5 кг/га Cu. Под сахарную свеклу, клевер, кормовые кор-

неплоды нужно вносить содержащие бор удобрения или обрабатывать семена борной кислотой.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите об особенностях земледелия на торфяно-болотных почвах.
2. Как влияют условия увлажнения на сроки внесения удобрений?
3. Каковы особенности взаимодействия фосфорных и калийных удобрений с торфяной почвой?
4. Как рассчитать потребность в азотных удобрениях на планируемый урожай?

14.10. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ

Так как сельское хозяйство производит в основном продукты питания для человека, высокое качество его продукции — важнейшая задача агрохимии. В зависимости от условий выращивания содержание белка в пшенице может колебаться от 9 до 25%, крахмала в картофеле — от 10 до 24, сахара в сахарной свекле — от 12 до 22, количество жира в семенах масличных культур, сахаров и витаминов в плодах и овощах может изменяться в 1,5–2 раза. Условия внешней среды (температура, влажность почвы и воздуха, свет, почвенные условия и др.) влияют на интенсивность протекающих в растениях процессов.

Наиболее сильное влияние на качество растениеводческой продукции оказывают разнонаправленные процессы — *биосинтез белков и других азотистых соединений и биосинтез углеводов или жиров*. При усилении биосинтеза белков уменьшается синтез углеводов или жиров, и наоборот.

С помощью удобрений можно изменять направленность процессов обмена веществ и регулировать накопление в растениях полезных для человека веществ — белков, крахмала, сахаров, жиров, витаминов и др. О влиянии основных элементов питания на биохимические процессы, протекающие в растениях, уже рассказывалось в предыдущих главах. В этом разделе остановимся на роли основных видов удобрений в регулировании качества растениеводческой продукции.

Азот входит в состав всех простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, играющих исключительно важную роль в обмене веществ в организме. Он содержится также в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, ферментах и во многих других органических веществах растительных клеток. В начальный период роста растения потребляют сравнительно небольшое количество азота, однако недостаток его в этот период отчасти компенсируется на дальнейшем росте растений. Наиболее интенсивно растения поглощают азот из почвы для синтеза аминокислот и белков в период максимального роста и образования вегетативных органов. На качество растениеводческой продукции влияют формы азота, используемые растениями. При аммиачном питании обмен веществ смещается в сторону накопления большего количества восстановленных соединений (эфирных масел, алкалоидов), а при нитратном источнике азота усиливается образование окисленных соединений, главным образом органических кислот.

Фосфор участвует в синтезе и распаде сахарозы, крахмала, белков, жиров и многих других соединений, он входит в состав органических веществ растений, таких, как фитин, лецитин, сахарофосфаты. Под влиянием фосфорных удобрений возрастает интенсивность синтеза сахарозы, крахмала, жиров, несколько меньше — белков. Для качества продукции важно не только абсолютное количество фосфора, но и его соотношение с другими элементами питания, в первую очередь — с азотом. Изменяя соотношение N:P, можно регулировать интенсивность, а также направленность процессов обмена, способствуя накоплению в растении белков или углеводов.

Под влиянием калия усиливается накопление крахмала, сахарозы и жиров. Калий усиливает синтез высокомолекулярных углеводов (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества), в результате чего утолщаются клеточные стенки стебля злаковых культур и повышается устойчивость их к полеганию, у льна усиливается качество волокна. У некоторых растений калий усиливает синтез таких витаминов, как тиамин и рибофлавин. При аммиачном питании растений калий может способствовать синтезу белков.

Микроэлементы принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеродном и азотном обмене. Под их влиянием увеличивается содержание хлорофилла в листьях, усиливается фотосинтез, усиливается

ассимилирующая деятельность всего растения. Многие микроэлементы входят в активные центры ферментов и витаминов. При внесении микроэлементов улучшается сбалансированность минерального питания растений: медь и бор влияют на азотное питание; цинк изменяет проницаемость клеточных мембран для калия и магния; поступление магния в растения усиливается при достаточном обеспечении медью, цинком и бором. В свою очередь дефицит цинка, молибдена, избыток кобальта и марганца вызывают уменьшение поступления аммонийного азота, недостаток меди и марганца снижает скорость поглощения растениями нитратного азота (Б. А. Ягодин).

Бор усиливает углеводный обмен в растениях, влияет на белковый и нуклеиновый обмен. Медь входит в состав нитратредуктазы, гипонитратредуктазы и редуктаз оксидов азота, в связи с чем с ее содержанием связываются определенные функции в азотном обмене растений. Марганец усиливает содержание сахаров, хлорофилла, увеличивает отток сахаров, активизирует деятельность 23 металлоферментных комплексов, содержащихся в растениях. Молибден участвует в биосинтезе нуклеиновых кислот, синтезе пигментов и витаминов. При недостатке цинка в растениях уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается накопление органических кислот, нарушается синтез белка. Внесение кобальта увеличивает содержание белка. Внесение цинковых удобрений повышает качество белка. Внесение кобальта увеличивает содержание витамина B₁₂, благодаря чему повышается диетическая ценность продукции.

Одна из важнейших характеристик сельскохозяйственной продукции — содержание белка. Недостаток белка (суточная потребность человека — 70–100 г) приводит к нарушению обмена веществ, расстройству нервной системы, снижается резистентность организма. При кормлении скота по рационам, не сбалансированным по белку, понижается продуктивность животных, перерасходуется корма.

Основным источником растительного белка в наших климатических условиях являются зерновые колосовые и зернобобовые культуры.

При внесении азотных удобрений содержание белка в зерне озимой пшеницы в исследованиях БелНИИПА возросло на 4,3%, в ячмене — на 2,3%, в опытах БелНИИЗК в зерне озимой ржи оно увеличилось на 1,4–2,5%.

Имеются данные, что на содержание белка в зерне озимой

мых и яровых зерновых культур существенное влияние оказывают подкормки растений азотом в период начала колосения растений. Азот, поступающий в растения в эту фазу, используется в основном для образования семян, в результате чего содержание азота в них повышается и синтез белков происходит более интенсивно. При оптимальных условиях минерального питания среднее содержание белка в почвенно-климатических условиях республики составляет в зерне озимой пшеницы 12,5–13%, озимой ржи – 9–10, ячменя – 10–13, овса – 10–11,5%.

Важное значение для характеристики качества зерна имеет *аминокислотный состав белка*. Многие аминокислоты синтезируются в организме человека и животных, но восемь из 20 известных аминокислот являются для человека *незаменимыми* (не могут синтезироваться в его организме) и должны поступать с пищей. Это *триптофан* (суточная потребность человека 1,1 г), *фенилаланин* (4,4 г), *метионин* (3,8 г), *лизин* (5,2 г), *валин* (3,8 г), *треонин* (3,5 г), *изолейцин* (3,3 г), *лейцин* (9,1 г). Недостаток в пище такой аминокислоты, как лизин, вызывает тошноту, головную боль, головокружение, повышает чувствительность к пугу. Отсутствие или недостаток метионина нарушает нормальную деятельность печени, некоторых желез внутренней секреции. Метионин препятствует развитию атеросклероза. При недостатке триптофана ухудшается аппетит.

Белки различных культур существенно различаются по аминокислотному составу. Например, в белке зерновых злаков меньше содержится лизина и триптофана, в белке семян бобовых культур недостаточно метионина, карбофала – валина.

Биосинтез индивидуальных, специфичных для организма белков определяется генетическими факторами. Однако при изменении содержания белка под влиянием внешних факторов меняется и соотношение между различными его фракциями. Азотные удобрения, увеличивая общее содержание белка в зерне, изменяют состав белкового комплекса за счет увеличения содержания глиадина и глобулина и снижения – альбуминов и глобулинов, вследствие чего изменяется и аминокислотный состав белка.

В исследованиях БелНИИПА под влиянием азотных удобрений (60–120 кг/га) количество незаменимых аминокислот в зерне озимой пшеницы возрастало на 3,3–8,9 мг/кг, или на 13–36%, в ячмене (N_{60-120}) – на 2,6–6,4 мг/кг, или на 9–22%.

Питательная ценность белкового комплекса зерна определяется его физико-химическими свойствами, а также соотношением аминокислотного состава белка составу тех белков, на построение которых он используется в организме человека и животных. Содержание и степень использования поступающих в организм аминокислот характеризуют их биологическую ценность.

Математически *биологическую ценность белка* можно рассчитать методом "химического числа" и методом Кюппера, Линдера, Варга. При первом способе каждая незаменимая аминокислота исследуемого продукта выражается в процентах к содержанию ее в белке цельного куриного яйца; проценты всех незаменимых аминокислот суммируются и делятся на число взятых для расчета аминокислот. По методу Кюппера, Линдера, Варга биологическая ценность белка (БЦ) рассчитывается по формуле

$$БЦ = 75 \frac{илс(x_1) \cdot лей(x_1) \cdot лиз(x_1) \cdot мет(x_1) \times}{илс(x_2) \cdot лей(x_2) \cdot лиз(x_2) \cdot мет(x_2)} \times \frac{фен(x_1) \cdot тр(x_1) \cdot три(x_1) \cdot вал(x_1) + 25 \left| \frac{x_3 - x_4}{x_4} \right|}{фен(x_2) \cdot тр(x_2) \cdot три(x_2) \cdot вал(x_2)}$$

где x_1 – незаменимые аминокислоты анализируемого образца, %; x_2 – незаменимые аминокислоты эталона (цельное куриное яйцо), %; x_3 – сумма концентраций заменимых аминокислот образца, %; x_4 – сумма концентраций заменимых аминокислот эталона, %.

Недостатком метода по химическому числу является то, что в расчете учитываются только незаменимые аминокислоты, а изъят второго в том, что как избыток, так и недостаток незаменимой аминокислоты в расчетах оказываются равноценными, хотя биологическая ценность белка больше снижается при недостатке аминокислоты, чем при ее избытке.

Более объективную оценку биологической ценности зерна можно дать экспериментально, скармливая зерно животным, так как при этом учитывается Osborne и скорость всасывания белка в кишечнике. Эксперименты БелНИИПА и Минского медико-биологического института на белых крысах показали, что наиболее высокий коэффициент эффективности белка (КЭБ) озимой пшеницы (отношение прироста массы крыс за время опыта к потребленному за это время белку) получен при внесении азота в дозе N_{120}

(табл. 14.33). При дозе 150 кг/га азота коэффициент эффективности белка был ниже. Поэтому содержание белка в зерне озимой пшеницы, рассчитанное с учетом коэффициента эффективности белка (фактическая белковистость), в варианте с $N_{120}P_{100}K_{130}$ выше, чем при внесении $N_{150}P_{100}K_{130}$. В аналогичном эксперименте с изменением качества белка было выше в варианте с дозой азота 90 кг/га. Дробное внесение N_{120} кг/га снизило коэффициент эффективности белка, некорневая подкормка посевов сернокислым цинком (300 г/га) — повышала (табл. 14.34).

14.33. Влияние азотных удобрений на качество белка озимой пшеницы

Вариант опыта	Уро- жай- ность, ц/га	Со- держание белка, %	Коэф- фициент эффек- тивно- сти белка (КЭВ)	Фак- тиче- ская бело- вис- тость, %
Навоз, 20 т/га — фон	48,2	8,6	1,38	8,6
$R_{100}K_{120}+N_{60}$ весной в начале вегетации	56,4	11,4	1,28	10,6
$R_{100}K_{120}+N_{60}$ весной в начале вегетации + N_{30} (1 узел)	62,5	12,2	1,42	12,6
$R_{100}K_{120}+N_{120}$ весной в начале вегетации	56,8	12,1	1,49	13,1
$R_{100}K_{120}+N_{120}$ весной в начале вегетации + N_{30} (последний лист)	56,2	12,9	1,21	11,3

14.34. Влияние азотных удобрений и микроэлементов на качество белка пшеницы

Вариант опыта	Уро- жай- ность, ц/га	Со- держание белка, %	Коэф- фициент эффек- тивно- сти белка (КЭВ)	Фак- тиче- ская бело- вис- тость, %
Последствие 60 т/га навоза — фон	52,9	7,9	1,53	7,9
$N_{60}P_{70}K_{120}$	77,2	8,5	1,47	8,2
$N_{90}P_{70}K_{120}$	76,9	9,5	1,48	9,2
$N_{90}P_{70}K_{120}+N_{30}$ (1 узел)	73,7	10,2	1,33	8,9
$N_{90}P_{70}K_{120}+ZnSO_4$, 300 г/га	74,3	9,2	1,74	10,5

Для использования практики научными учреждениями республики разрабатываются экологические регламен-

ты на применение азотных удобрений с целью регулиро- вания качества белка, повышения содержания крахмала, снижения нитратов и т.д.

Ценным источником растительного белка являются *зернобобовые культуры*, которые содержат азотистых ве- ществ больше и лучше качества, чем злаковые. Так как бобовые культуры фиксируют атмосферный азот, качество их продукции можно регулировать, варьируя дозы фосфор- ных и калийных удобрений (азот можно вносить в неболь- ших дозах — 15–30 кг/га — для ускорения образования клубеньков в начале роста растений), а также внесением микроэлементов, в первую очередь молибдена. Молибден улучшает азотное питание растений, увеличивает потреб- ление фосфора, калия и кальция из удобрений и почвы.

Влияние *фосфорных удобрений* на качество зерна неоп- редленно. Большинство исследователей считают, что не- сбалансированное применение фосфорных удобрений сни- жает содержание белка. Однако есть также данные о по- ложительном влиянии фосфорных удобрений на качество зерна, в основном на почвах с низким содержанием под- вижного фосфора и высокими запасами минерального азо- та (И. М. Коданев, 1976; В. Г. Минеев, А. И. Павлов, 1981). По мнению В. Г. Минеева и А. И. Павлова, наиболее веро- ятной причиной снижения содержания белка в зерне под влиянием фосфорных удобрений является усиление роста растений и увеличение урожая, что приводит к недостатку азота и как бы “разбавлению” его в растениях. Более того, от высоких доз фосфорных удобрений может снижаться потребление растениями азота. Поэтому для увеличения белка в растениях необходимо сбалансированное азотно- фосфорно-калийное питание.

Результаты исследований по влиянию *калия* на содер- жание белка в зерне довольно противоречивы. Обобщение данных полевых опытов позволяет сделать вывод, что на характер воздействия калийных удобрений на содержа- ние белка в зерне оказывают влияние транзюметричес- кий состав почвы, степень кислотности, запас подвижных форм калия, фосфора и азота. Положительное влияние калийных удобрений на содержание белка чаще проявля- ется на почвах с низким содержанием калия, а также при благоприятном соотношении с азотными удобрениями.

Внося различные дозы минеральных удобрений, мож- но существенно влиять не только на содержание азотис- тых веществ, но и крахмала, что в первую очередь важно

для такой культуры, как картофель. Калийные удобрения, снижая содержание азота в зерне, увеличивают содержание крахмала. Возрастающие дозы удобрений влияют на крахмалистость зерна так же, как азотные на белковость: калий в первую очередь используется на формирование вегетативной массы растений и лишь в дальнейшем расходуется на накопление запасных веществ семян. Поэтому при большем приросте урожая содержание крахмала увеличивается незначительно, и наоборот, при слабом приросте урожая содержание крахмала в зерне увеличивается.

В большинстве исследований, проведенных в различных почвенно-климатических условиях, применение *азотных удобрений снижало содержание крахмала*. По мнению одних авторов, это связано с неполной физиологической зрелостью клубней (В. А. Сухованов), другие (А. С. Вечер, М. Н. Гончарик) называют в качестве причины увеличение крупных клубней в урожае, которые содержат меньше крахмала, чем клубни средней величины.

Фосфорные удобрения чаще положительно влияют на накопление крахмала в картофеле. В опытах Ю. И. Каспского и Л. П. Петковской при внесении 60–90 кг/га фосфорных удобрений на азотно-калийном фоне содержание крахмала повышалось на 0,2–0,8%. Сильнее на крахмалистость клубней влияло калийное удобрение, так как при недостатке калия замедляется превращение углеводов в крахмал. Однако многое зависит от формы калийных удобрений. Хлорсодержащие их формы снижают содержание крахмала, поэтому под картофель лучше использовать бесхлорные формы калийных удобрений, а содержащие хлор вносить осенью. В исследованиях БелНИИПЗ замена хлористого калия сернокислым при прочих равных условиях увеличивала содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Орбита на 0,6% при одинаковом влиянии на урожайность.

Важной качественной характеристикой картофеля, овощных и кормовых культур является *содержание нитратов*. Азот, поступающий в растения в нитратной форме, восстанавливается до аммиака и при достаточном количестве углеводов участвует в образовании первичных аминокислот – аспарагиновой и глутаминовой. Невосстановленная часть нитратного азота может откладываться в клубнях, корнеплодах, листовых черешках и т.д. Накопление нитратов способствуют избыточные дозы азотных удобре-

ний, поздние сроки их применения, несбалансированное минеральное питание, а также метеорологические условия – недостаточная освещенность и низкая влажность почвы. Отсюда накопление нитратов препятствуют оптимизации азотного питания растений, сбалансированное соотношение между азотом, фосфором и калием и достаточная обеспеченность растений микроэлементами, в первую очередь бором и молибденом, которые улучшают углеводный и белковый обмен.

Содержанием *сахаров* определяется техническая ценность сахарной свеклы и питательная – многих овощных культур. На содержание сахаров и другие показатели качества этих культур также влияют вид, дозы, сроки и способы внесения удобрений под них, соотношение элементов питания и т.д. Отечественными и зарубежными учеными установлено негативное влияние высоких доз азотных удобрений на сахаристость и технологические качества сахарной свеклы. В опытах БелНИИПЗ на дерново-подзолистых супесчаных почвах высокие дозы азотных удобрений снижали сахаристость корнеплодов по сравнению с фосфорно-калийным фоном почти на 2%. Положительное влияние на урожайность и выход сахара с 1 га азотные удобрения оказывали при внесении в дозах 120–150 кг/га. Дозы 180–210 кг/га не увеличивали урожайность, но снижали сахаристость корнеплодов. Свекла, выращенная при высоком уровне азотного питания, плохо хранится, быстро портится, прорастает. Отрицательное влияние азота на качество сахарной свеклы при внесении во второй половине развития корнеплодов (конец лета – начало осени) объясняется тем, что он стимулирует развитие листьев, удаляется образующийся сахар. Чем позже и большими дозами проводить подкормки азотными удобрениями, тем ниже будет урожайность и меньше выход сахара с единицы площади.

Влияние фосфорных удобрений на урожайность и сахаристость в значительной степени зависит от *содержания в почве подвижных форм и фосфора*: если оно не высоко, фосфорные удобрения оказывают положительное действие, при высоком содержании фосфора в почве положительного эффекта ждать не приходится. Калийные удобрения в меньшей степени, чем азотные и фосфорные, влияют на урожайность.

На посевах сахарной свеклы эффективны некорневые подкормки борными и марганцевыми микроудобрениями,

особенно при содержании в почве менее 40 мг/кг почвы марганца, 0,5 – бора, 1,5 мг/кг кобальта (П. А. Власюк).

Основной источник **растительных жиров** – масляные культуры – рапс, горчица, подсолнечник. Жиры в растениях образуются из углеводов, и обычно между содержанием белков и жиров существует обратная зависимость: чем больше белка, тем меньше жира, и наоборот. Поэтому на повышение масляности семян существенное влияние оказывают фосфорные и калийные удобрения. Внесением этих удобрений содержание жира в семенах можно повысить на 2–4%. Качество масла тем выше, чем больше оно содержит ненасыщенных жирных кислот (их иногда называют витамином F). Под действием азотных удобрений количество ненасыщенных жирных кислот в масле уменьшается, фосфорных и калийных – увеличивается.

При сбалансированном минеральном питании в растениях происходят полезные изменения в содержании и других веществ – витаминов, эфирных масел, алкалоидов, органических кислот. Таким образом, грамотное, научно обоснованное применение удобрений с учетом не только высокой урожайности, но и хорошего качества растениеводческой продукции должно стать главным правилом современной агрохимии.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем определяется качество различных видов растениеводческой продукции?
2. Расскажите о роли основных макро- и микроэлементов в формировании качественных показателей сельскохозяйственной продукции.
3. Какие элементы питания оказывают наиболее существенное влияние на содержание белка в зерне, крахмала в клубнях?
4. Перечислите незаменимые аминокислоты. Какова суточная потребность в них человека?