

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА АГРОХИМИИ

А.Х. ШЕУДЖЕН, Л.И. ГРОМОВА, Л.М. ОНИЩЕНКО

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДОЗ УДОБРЕНИЙ

Допущено Министерством сельского хозяйства
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений
по агрономическим специальностям

Краснодар – 2010

УДК 631.816

ББК 40.4
Ш52

Рецензент:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **В.Н. Слюсарев**,
КубГАУ, г. Краснодар;
доктор биологических наук, профессор **Ю.Н. Ашинов**,
ИЭиУМиСС г. Белореченск

Шеуджен А.Х., Громова Л.И., Онищенко Л.М.

Ш52 **Методы расчета доз удобрений: учеб. пособие /**
Кубан. гос. агр. ун-т. – Краснодар, 2010. – 61 с.

В учебном пособии описаны методы определения доз минеральных удобрений и даны примеры их расчета на планируемую урожайность. Показана корректировка доз удобрений по результатам растительной диагностики.

Издание предназначено для студентов, аспирантов по агрономическому направлению и специалистов агропромышленного комплекса.

УДК 631.816
ББК 40.4

© Шеуджен А.Х., Громова Л.И.,
Онищенко Л.М., 2010
© ФГОУ ВПО «Кубанский государственный
аграрный университет», 2100

ПРЕДИСЛОВИЕ

На современном этапе развития сельского хозяйства важнейшей задачей земледелия является всемерное повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур на основе научно обоснованных систем ведения хозяйства. Повышение эффективности удобрений – одна из основных задач агрономов и руководителей хозяйств. В комплексе мероприятий и приемов рационального применения удобрений первостепенное значение имеет определение количества каждого вида удобрений, вносимого в почву в оптимальные сроки и наиболее эффективными способами.

В пособии раскрывается сущность различных подходов при определении оптимальных доз удобрений, пути использования результатов опытов, анализов, почвенных карт и агрохимических картограмм. Показаны примеры расчета доз удобрений на планируемую урожайность культуры на конкретном поле различными методами. Существование большого числа методов определения доз удобрений свидетельствует о том, что идеальный метод еще не найден. Сейчас возможно одновременное использование отдельных положений из разных методов. Дальнейшее совершенствование методов определения доз удобрений будет способствовать более рациональному их применению с одновременным увеличением урожайности сельскохозяйственных культур.

Освоение методов расчета доз удобрений поможет специалистам-аграриям реализовать мероприятия по повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, профессионально решать производственные задачи в области системы удобрения, сопоставлять, анализировать и корректировать расчетные материалы.

1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

Урожай сельскохозяйственных культур возрастает в прямой зависимости от увеличения доз удобрений до определенного уровня, при котором достигается наибольшая оплата единицы питательного вещества удобрения получаемой продукцией. В этом интервале доз урожайность от дополнительного внесения удобрений растет как с единицы площади, так и в расчете на единицу удобрения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Зависимость урожая сельскохозяйственных культур от обеспеченности почвы питательными веществами

При дальнейшем повышении доз удобрений происходит увеличение урожая с единицы площади, но величина прибавок от возрастающих доз и окупаемость удобрений продукцией постепенно снижается. После достижения максимальной урожайности с единицы площади дальнейшее увеличение доз удобрений становится нецелесообразным. Повышение дозы удобрений экономически оправдано до того момента, пока стоимость прибавки урожая окупает издержки, связанные с применением дополнительного количества удобрений.¹

¹ Муравин Э.А., 2003.

Поэтому при разработке системы удобрения дозы агрохимических средств должны устанавливаться в зависимости от уровня химизации. При ограниченной обеспеченности удобрениями предпочтительнее доза, позволяющая получить наивысшую оплату единицы удобрения, при полной обеспеченности основной целью должно быть получение максимально возможного выхода продукции с единицы площади и решаться задача сохранения и повышения плодородия почвы.

Определение оптимальной дозы при разработке системы удобрения – один из наиболее важных и сложных вопросов агрохимии. Это обусловлено не только сложностью взаимодействия между растением, почвой, удобрением, агротехникой, погодными условиями, но и многообразием методов расчета оптимальной дозы.

Под оптимальной понимают такую дозу удобрения, которая обеспечивает получение запланированного урожая культуры с выходом продукции требуемого качества, дает максимальный доход с одного гектара и возможность повышать или сохранять плодородие почвы на заданном уровне.

Следует различать *норму и дозу удобрения*. *Норма удобрения* – это количество удобрения в килограммах действующего вещества на гектар, вносимого под культуру за весь период ее вегетации; *доза удобрения* – это количество удобрения в килограммах действующего вещества на гектар, применяемого в один прием.

В настоящее время имеется большое число методов определения потребности растений в удобрениях. Здесь можно выделить два направления в подходе к установлению оптимальных доз удобрений.

Первое направление обосновано работами Д.Н. Прянишникова, А.Н. Лебеядцева, А.В. Соколова и др. В качестве основы для установления доз удобрений они прини-

мали непосредственные результаты полевых опытов, которые проводили научно-исследовательские учреждения на типичных почвах для ведущих культур по схеме с пятью или восемью вариантами. Полученные в опытах данные распространяли для всей почвенно-климатической зоны. Географической сетью опытов с удобрениями ВИУА были установлены примерные средние дозы удобрений по зонам страны для основных культур и выявлены различия в плодородии полей, расположенных на одном почвенном типе. Агрохимические анализы позволили уточнить запасы отдельных элементов питания в почве и разработать поправки к средним дозам удобрений.

Широко используемый в настоящее время способ определения доз удобрений с помощью поправок к рекомендуемым средним дозам позволяет избежать грубых ошибок, однако он не обеспечивает получение максимального эффекта от применения удобрений. Это объясняется тем, что средние дозы установлены чисто эмпирическим путем по эффективности удобрений при разных уровнях плодородия почв.

В течение многих лет развивается другое направление в разработке рациональных доз удобрений, принимающее за основу потребность растений в питательных элементах. Зародилось это направление еще под влиянием идей К.А. Тимирязева, говорившего о необходимости «спрашивать мнение самого растения». В этом направлении работали З.И. Журбицкий, А.М. Надеждина, Т.Н. Кулаковская и др. В этих методах наряду с учетом потребностей растений принимается во внимание количество доступных растениям элементов питания в почве, на которой они будут выращиваться.

При расчете доз удобрений на планируемый урожай учитываются коэффициенты использования растениями

элементов питания из почвы и удобрений, которые устанавливают в полевом опыте. Эти исследования превращают полевой метод исследования из чисто эмпирического в аналитический, позволяющий от констатации прибавок урожая в данном полевом опыте перейти к прогнозированию эффективности удобрений.

И.Т. Трубилин, Н.Г. Малюга и В.П. Василько¹ отмечают, что система удобрения отдельной культуры или в севообороте не может оставаться неизменной во времени и пространстве. Она должна разрабатываться с учетом почвенно-климатических условий региона, набора и чередования культур в севообороте, биологических и сортовых особенностей растений, уровня планируемой урожайности, экономического состояния хозяйств, способов внесения и свойств удобрений, а также их влияния на химический состав почвы.

В настоящее время предлагается много различных методов определения эффективных доз удобрений с использованием системы управления базами данных (СУБД). Это математические методы с использованием ЭВМ, основанные на определении производственных функций в системе «почва – удобрение – урожай».

¹ Научные основы биологизированной системы земледелия в Краснодарском крае. Краснодар, 2006.

1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ С УДОБРЕНИЯМИ

Основой для планирования применения удобрений, установления оптимальных доз и соотношения питательных веществ удобрений под сельскохозяйственные культуры являются результаты полевых опытов. В различных почвенно-климатических зонах страны полевые опыты с удобрениями проводятся опытными станциями и научно-исследовательскими институтами и зональными агрохимическими лабораториями по единым схемам. На основании обобщения результатов географических полевых опытов выявляются закономерности изменения эффективности удобрений в зависимости от почвенно-климатических условий, агротехники и других факторов, разрабатываются рекомендации по их рациональному применению. В первую очередь минеральные удобрения вносятся под культуры, производство которых имеет важное народнохозяйственное значение. Полностью обеспечиваются удобрениями посевы на мелиорируемых землях с регулируемым водным режимом, что обусловлено их высокой эффективностью при орошении и возможностью быстро окупить значительные капиталовложения на мелиорацию земель.

Полевые многолетние опыты – основной метод определения доз удобрений, он особенно широко применяется в условиях Северного Кавказа. Зональные рекомендации по применению удобрений под сельскохозяйственные культуры разрабатываются на основании агроэкономической оценки результатов полевых опытов по изучению эффективности видов, форм, доз и способов внесения удобрений в типичных для зоны почвенно-климатических условиях. Рекомендуемые зональные дозы удобрений (таблицы 1 и 2) должны корректироваться применительно к конкретным условиям хозяйства в зависимости от агрохимических свойств почвы.

Таблица 1 – Примерные дозы допосевного удобрения на планируемую урожайность культур, д. в., кг/га *

Культура	Чернозем обыкновенный			Чернозем выщелоченный		
	N	P	K	N	P	K
Люцерна: 2-й год 3-й год	30-40	60	60	–	–	–
	30	30	30	30-40	600	60
Горох	40	40	40	40	40	40
Озимая пшеница (5,0 т/га): по занятым парам по зернобобовым пропашные	40	80	40	40	60	40
	60	80	40	60	60	40
	90	80	60	90	80	60
Рис: многолетние рис – 1-й год рис – 2-й год	–	–	–	60-90	60-90	45-60
	–	–	–	90-120	90-90	60-90
	–	–	–	120-150	90-120	60-90
Озимый ячмень (6,0 т/га): зерновые пропашные	40	60	40	40	60	40
	60	60	40	60	60	40
Сахарная свекла 30 т/га 50 т/га	90	120	90	100-120	90-100	90
	130	130	130	130-140	140-150	130
	40	60	–	40	60	–
Подсолнечник (2,5 т/га)	30-40	60	–	30-40	40	–
Соя	90	80	60	60-90	60	60
Кукуруза (6,0 т/га)	40	60	40	40	60	40
Гречиха (2,0 т/га)	60	60	60	40	40	40
Просо (2,5 т/га)	60	60	60	40	40	40

* Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе. Краснодар, 1981.

Таблица 2 – Примерные дозы удобрений под овощные культуры *

Культура	Урожайность, т/га	Доза удобрения, д. в., кг/га		
		азот	фосфор	калий
Томаты	4,5	50	90	40
Капуста ранняя средняя поздняя	4,0	20	50	40
	4,0	20	50	40
	4,0	50	70	45
Лук	30	120	135	90
Чеснок	10	115	65	65
Огурцы	30	90	90	90
Морковь	30	60	100	100
Горох овощной	15	60	60	60
	30	90	40	90
Баклажан	30	90	40	90
Перец	30	90	40	90

* Удобрение овощных культур. М., 1986.

Известны различные методы и подходы к уточнению рекомендуемых по результатам полевых опытов доз удобрений. Наиболее простой и распространенный метод с использованием поправочных коэффициентов, учитывающий степень обеспеченности почв подвижными соединениями питательных веществ.

В агрохимической службе используются три основные метода определения подвижных форм фосфора и калия в почве: для почв Нечерноземной зоны – метод Кирсанова (0,2 н HCl), для почв Лесостепной зоны и некарбонатных почв степи – метод Чирикова (0,5 н CH₃COOH), для карбонатных почв степи и почв Сухостепной зоны – метод Мачигина (1 % (NH₄)₂CO₃). Почвы по содержанию фосфора и калия разбиты на 6 градаций: очень низкое, низкое, среднее, повышенное, высокое, очень высокое, каждой из которых соответствует определенный интервал содержания (таблица 3).

Уровень обеспеченности растений доступным азотом оценивают по двум показателям: содержанию гидролизуемого азота по Тюрину – Кононовой и нитрификационной способности по Кравкову. Азот в почве очень подвижен и легко переходит из одной формы в другую, поэтому группировка почв по содержанию доступного азота менее надежна.

В производственных условиях при возделывании однолетних культур обычно учитывают запасы питательных веществ, находящиеся только в пахотном слое. Более глубокие горизонты имеют существенное значение для кустарников, древесных пород и виноградников.

По методу Н.Н. Михайлова и В.П. Книпер¹ средняя доза удобрения принята за единицу и отнесена к группе почв по содержанию в них подвижных форм фосфора и калия: для зерновых – с низким содержанием, для пропашных – со средним содержанием, для овощных – с повышенным содержанием.

¹ Михайлов Н.Н., Книпер В.П., 1971.

Таблица 3 – Группировка почв по содержанию подвижного фосфора и обменного калия *

Группа почв по содержанию P ₂ O ₅ и K ₂ O	Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг			Содержание K ₂ O в почве, мг/кг		
	по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину	по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
Очень низкое	<25	<20	<10	<40	<20	<100
Низкое	26-50	21-50	11-15	41-80	21-40	101-200
Среднее	51-100	51-100	16-30	81-120	41-80	201-300
Повышенное	101-150	101-150	31-45	121-170	80-120	301-400
Высокое	151-250	151-200	46-60	171-250	121-180	401-600
Очень высокое	>250	>200	>60	>250	>180	>600

* Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И., 2002.

При ином содержании в почве подвижных форм питательных веществ средние дозы удобрений соответственно изменяются: при более низком содержании увеличиваются, более высоком – уменьшаются.

Группировка почв по содержанию в них подвижных форм элементов питания для разных групп культур представлена в таблице 4.

Для определения доз удобрения под культуру на конкретном поле по картограммам устанавливается уровень обеспеченности почвы доступными формами элементов питания. Показатели третьего класса характеризуют среднюю обеспеченность почвы элементами питания для зерновых культур, а четвертого и пятого соответственно для более требовательных к уровню питания пропашных и овощных культур. При большем, чем среднее, содержании питательных веществ в почве рекомендуемая доза удобрений под сельскохозяйственные культуры уменьшается, при меньшем – повышается. При обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания на один класс ниже либо выше, чем средняя, доза изменяется на 25-30 %, а на два класса – в 1,5 раза.

Для определения норм удобрений в севообороте рекомендуется метод баланса с определением выноса питательных веществ планируемыми урожаями всех культур севооборота и возмещением этого выноса при внесении удобрений с учетом других источников пополнения выноса (мобилизация питательных веществ из почвы, азотфиксация и накопление азота бобовыми культурами, свободноживущими в почве азотфиксаторами, поступление азота из атмосферы. При разработке системы удобрения в севообороте необходимо учитывать не только биологические особенности культуры, потребность в элементах питания, коэффициенты их из почвы и удобрений, но последствие ранее внесенных удобрений.

Таблица 4 – Группировка почв по содержанию подвижных форм элементов питания *

Группа по обеспеченности	Содержание в почве, мг/кг				Обеспеченность		
	нитрифицирующая способность (по Кравкову)	P ₂ O ₅	K ₂ O	яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, бобовые	озимая пшеница, сахарная свекла, табак, рис	овощные, плодовые, виноград	
1	2	3	4	5	6	7	
1	<8	<50	<80	очень низкая	очень низкая	очень низкая	
2	8-15	50-100	31-60	низкая	очень низкая	очень низкая	
3	15-30	100-150	60-90	средняя	низкая	очень низкая	
4	30-40	150-200	90-120	повышенная	средняя	низкая	
5	45-60	200-300	120-180	высокая	повышенная	средняя	
6	>60	>300	>180	очень высокая	высокая	повышенная	

Черноземы выщелоченные (по Чирикову)

* Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер, 1971.

Продолжение таблицы 4

Группа по обеспеченности	Содержание в почве, мг/кг			Обеспеченность		
	нитрифицирующая способность (по Кравкову)	P ₂ O ₅	K ₂ O	яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, бобовые	озимая пшеница, сахарная свекла, табак, рис	овощные, плодовые, виноград
<i>Черноземы обыкновенные (по Мачигину)</i>						
1	<5	<10	<100	очень низкая	очень низкая	очень низкая
2	5-8	10-15	100-200	низкая	очень низкая	очень низкая
3	8-15	15-30	200-300	средняя	низкая	очень низкая
4	15-30	30-40	300-400	повышенная	средняя	низкая
5	30-40	45-60	400-600	высокая	повышенная	средняя
6	>50	>60	>600	очень высокая	высокая	повышенная

Поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания уточняются зональными научными агрохимическими учреждениями для различных сельскохозяйственных культур применительно к условиям их возделывания. Поправочные коэффициенты для зоны Северного Кавказа представлены в таблице 5.

Во всех случаях, чтобы определить уточненную дозу удобрений, среднюю рекомендуемую дозу (д. в., кг/га) умножают на поправочный коэффициент, соответствующий данной культуре и уровню обеспеченности почвы доступными формами элементов питания. При величине поправок 0,2-0,3 азотные удобрения под озимую пшеницу вносят только в подкормки; фосфорные удобрения под зерновые, сахарную свеклу, табак и овощные вносят в рядки при посеве (посадке). При высоком и очень высоком содержании в почве подвижного калия под озимую пшеницу после кукурузы на силос и после зерновых калийные удобрения не вносят.

Пример. Определить дозу минеральных удобрений под кукурузу на черноземе выщелоченном при содержании в почве подвижного фосфора по Чирикову 161 мг/кг, обменного калия по Чирикову – 100 мг/кг, азота по Кравкову (нитрификационная способность) – 9 мг/кг. Рекомендуемая доза удобрений под кукурузу на черноземе выщелоченном составляет $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Используя данные таблицы 4, определяем уровень обеспеченности почвы элементами питания, который соответствует по азоту – низкой обеспеченности, по фосфору и калию – повышенной. По таблице 5 находим поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений: для азота – 1,0 для фосфора – 0,7, для калия – 0,5. Умножив рекомендуемую дозу удобрений на соответствующие коэффициенты получим

Таблица 5 – Поправочные коэффициенты к дозам удобрений в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания *

Обеспеченность подвижными элементами соединяемыми	Азотные удобрения			Фосфорные удобрения			Калийные удобрения		
	яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, бобовые	озимая пшеница, сахарная свекла, табак, рис	овощные	яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, бобовые	озимая пшеница, сахарная свекла, табак, рис	овощные	яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, бобовые	озимая пшеница, сахарная свекла, табак, рис	овощные
Очень низкая	1	1,3-1,5	1,3-1,5	1	1,5-1,3	1,3-1,5	1	1,3	1,3-1,5
Низкая	1	1-1,25	1-1,25	1	1-1,25	1-1,25	1	1	1-1,3
Средняя	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Повышенная	0,3-0,5	0,5-0,3	1-0,66	0,5-0,66	1-0,66	1-0,66	0,5-0,3	0,5-0,66	0,66
Высокая	0-0,3	0,5-0,3	0,5-0,3	0,3-0,25	0,5-0,3	0,5-0,3	0	0-0,3	0,5
Очень высокая	0	0,3-0,25	0,3	0-0,2	1,3-1,5	0,3-0,25	0	0-0,25	0,3-0,25

* Эйсерт Э.К., Ачканов А.Я., Дургарян Н.Г., 1987.

откорректированную дозу с учетом обеспеченности почвы элементами питания. Она составляет:

$$D_N = 90 \cdot 1 = 90; D_P = 60 \cdot 0,7 = 42; D_K = 60 \cdot 0,5 = 30.$$

Таким образом, откорректированная доза составляет $N_{90}P_{42}K_{30}$. Практика применения удобрений в хозяйствах показала, что производителей вполне устраивает точность до 10 кг питательных веществ удобрения на гектар, поэтому откорректированные дозы обычно округляют $N_{90}P_{40}K_{30}$.

При составлении группировки почв садов и виноградников по содержанию в них подвижных форм фосфора и калия анализируется слой почвы 0-60 см. СКЗНИИСиВ для зоны Северного Кавказа выделяет три группы обеспеченности почв для садов и четыре для виноградников (таблица 6).

Рекомендуемые дозы удобрений в плодоносящем саду представлены в таблице 7.

При корректировке доз удобрений под плодовые культуры и виноградники учитывается также уровень урожайности (таблица 8).

Поправочные коэффициенты к рекомендуемым дозам устанавливаются с зависимости от уровня обеспеченности почвы фосфором и калием и уровня планируемой урожайности (таблица 9).

При установлении доз удобрений под виноградники обязательно учитывается уровень обеспеченности растений почвенной влагой, а также биологические особенности растений – интенсивность роста. Ориентировочные дозы удобрений для ежегодного внесения представлены в таблице 10.

Отсутствие достаточно надежного метода для оценки обеспеченности почвы азотом не позволяет корректировать средние дозы азотных удобрений для плодовых и виноградников по данным почвенного анализа.

Таблица 6 – Группировка почв садов и виноградников по содержанию доступных форм фосфора и калия в слое 0-60 см почвы, мг/100 г *

Степень обеспеченности	Фосфор		Калий по Мачигину
	по Чирикову	по Мачигину	
<i>Сады</i>			
Очень низкая и низкая	<15	<2,0	<20
Средняя	15-20	2,1-3,5	20-40
Повышенная и высокая	>20	>3,5	>40
<i>Виноградники</i>			
Очень низкая и низкая	<10	<2,0	<15
Средняя	10-20	2,3-3,0	15-25
Повышенная	20-30	3,1-4,5	26-35
Высокая	> 30	>4,5	>35

* Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе. Краснодар, 1981.

Таблица 7 – Средние дозы удобрений в садах *

Зона	Почва	Навоз или компост, т/га	Минеральные удобрения,		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Молодые сады</i>					
Равнинная	Черноземы	30 (раз в 3 года)	60	30	30
	Серые лесные и бурые лесные	40 (раз в 3 года)	60	45	45
	Черноземы, лугово-черноземные	30 (раз в 3 года)	60	45	60
Южно-предгорная	<i>Плодоносящие сады</i>				
Равнинная	Чернозем обыкновенный	20 (раз в 3 года)	90	90	90
	Чернозем выщелоченный	20 (раз в 4 года)	120	90	120
	Серые лесные	40 (раз в 3 года)	120	90	120
Южно-предгорная	Черноземы, лугово-черноземные	30 (раз в 4 года)	120	60	120

* Симакин А.И., 1983.

Таблица 8 – Уровень урожайности плодовых пород в садах Северного Кавказа, ц/га *

Уровень урожайности	Семечковые породы		Косточковые породы	
	высокой продуктивности	средней продуктивности	высокой продуктивности	средней продуктивности
Средний	200-300	100-200	100-150	80-100
Высокий	>300	>200	>150	>100

* Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе. Краснодар, 1981.

Таблица 9 – Поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений с учетом обеспеченно почв фосфором и калием для садов и виноградников Северного Кавказа *

Степень обеспеченности элементами питания	Уровень урожайности		
	низкий	средний	высокий
<i>Сады</i>			
Низкая	–	1,2	1,4
Средняя	–	1,0	1,2
Высокая	–	0,5	0,7
<i>Виноградники</i>			
Низкая	1,0	1,2	1,4
Средняя	0,7	1,0	1,2
Повышенная	0,4	0,5	0,7
Высокая	–	0,3	0,5

* Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе. Краснодар, 1981.

Таблица 10 – Средние нормы удобрения (д. в., кг/га) в
иноградниках при урожайности – 80-100 ц/га *

Обеспеченность почвы питательными веществами	Обеспеченность почвы влагой	Рост побегов		
		сильный	средний	слабый
<i>Азотные удобрения</i>				
Низкая	достаточная	60-80	80-100	100-120
Средняя		45-60	60-80	90-100
Высокая		30-45	45-60	60-90
Низкая	недостаточная	45-60	60-80	90-100
Средняя		36-50	45-60	60-80
Высокая		30-45	40-50	45-60
<i>Фосфорные удобрения</i>				
Низкая	достаточная	90-100	100-120	120-150
Средняя		70-90	90-100	100-120
Высокая		60-80	80-90	90-100
Низкая	недостаточная	70-90	90-100	100-120
Средняя		60-80	80-90	90-100
Высокая		45-60	60-80	80-90
<i>Калийные удобрения</i>				
Низкая	достаточная	90-100	100-120	120-140
Средняя		70-90	90-100	100-120
Высокая		60-80	80-90	90-100
Низкая	недостаточная	70-90	90-100	100-120
Средняя		60-80	80-90	90-100
Высокая		50-70	60-80	70-90

* Серпуховитина К.А., 2009.

Однако, если доза фосфора или калия по анализам почвы будет увеличена, то среднюю дозу азота также повышают до этого уровня. При снижении доз фосфора и калия, среднюю дозу азота оставляют без изменения.

Пример. Определить дозу минеральных удобрений под высокопродуктивный сорт яблони Делишес при планируемой урожайности 350 ц/га.

Чернозем обыкновенный содержит подвижного фосфора по Мачигину 3,2 мг/100 г, обменного калия – 35 мг/100 г.

Рекомендуемая доза минеральных удобрений в плодоносящих садах на черноземах обыкновенных равнинной зоны $N_{90}P_{90}K_{90}$.

По группировке почв (см. таблица 6) определяем степень обеспеченности почвы фосфором и калием. Она соответствует по фосфору средней, по калию – высокой.

В таблице 8 находим уровень планируемой урожайности – высокий. Учитывая содержание в почве фосфора и калия, а также уровень урожайности, по таблице 9 находим поправочные коэффициенты к рекомендуемым дозам удобрений. Для фосфора он составляет 1,2; для калия – 0,7.

Так как доза фосфора будет увеличена, то пропорционально увеличим и дозу азота.

Таким образом, откорректированная доза по азоту, фосфору и калию составит:

$$D_N = 90 \cdot 1,2 = 108; D_P = 90 \cdot 1,2 = 108; D_K = 90 \cdot 0,7 = 63,$$

т. е. $N_{108}P_{108}K_{63}$, или $N_{110}P_{110}K_{60}$.

По возможности дозы удобрений вторично корректируют по результатам тканевой и листовой диагностики.

1.2. РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

В настоящее время в агрохимии имеется несколько методов расчета доз минеральных удобрений. Наиболее объективную исходную информацию для таких расчетов получают по результатам обобщения данных полевых опытов с удобрениями.

Поскольку полевые опыты не охватывают все условия возделывания сельскохозяйственных культур, дозы минеральных удобрений дифференцируют в соответствии с установленными в опытах общими закономерностями, используя в этих целях соответствующие поправочные коэффициенты, определяемые применительно к конкретным почвенно-климатическим зонам по данным полевых опытов.

Наиболее распространенными в агрохимической службе являются методы расчета годовых доз минеральных удобрений:

- по нормативам затрат удобрений (N, P₂O₅, K₂O) на единицу урожая (прибавки урожая);
- по нормативам выноса питательных элементов на единицу урожая основной продукции с учетом побочной;
- балансово-расчетный метод по выносу питательных элементов на единицу урожая, с учетом коэффициентов использования их растениями из почвы и удобрений.

1.2.1. Нормативные методы расчета доз удобрений

Расчет доз удобрений на планируемый урожай по нормативам затрат удобрений на получение единицы урожая, а также по нормативам выноса элементов питания с урожаем наиболее доступен и информационно обеспечен. При разработке нормативных показателей выноса питательных веществ одной тонной продукции используют информацию по урожаю основной и побоч-

ной продукции, содержанию питательных веществ и абсолютно сухого вещества в ней.

Результаты полевых опытов, проведенных за последние годы и данные передовых хозяйств позволили уточнить нормативы для расчета доз удобрений, обеспечивающих при эколого-токсикологической безопасности их применения формирование высоких урожаев хорошего качества.

Нормативы затрат удобрений на единицу урожая, разработанные ВНИИА для зерновых культур представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Расход минеральных удобрений (кг д. в.) на получение 1 ц зерна *

Зона	Северо-Кавказский регион		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Озимая пшеница</i>			
Лесостепная	2,3	2,3	1,2
Степная	1,6	1,8	1,1
Сухостепная	1,7	1,8	1,2
<i>Кукуруза и зерно</i>			
Лесостепная	1,5	1,3	1,2
Степная	1,4	1,5	1,0

* Сычѳв В.Г., 2000.

Нормативы и поправочные коэффициенты к ним разрабатывают ВНИИА, региональные отраслевые институты, их филиалы и отделы, сельскохозяйственные опытные станции и проектно-изыскательские станции химизации (таблица 12).

Таблица 12 – Примерные поправочные коэффициенты к агрохимическим свойствам почв *

Содержание подвижных форм питательных веществ	Фосфор	Калий
Повышенное	0,7	0,8
Высокое	0,5	0,6
Очень высокое	0,3	0,3

* Сычёв В.Г., 2000.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды нитратами дозы азотных удобрений не должны превышать максимально допустимых, приведенных, в таблице 13.

Таблица 13 – Максимальные дозы азота и получаемые урожаи сельскохозяйственных культур *

Зона	Предельно допустимая годовая доза азота, кг/га (д. в.)	Урожайность, ц/га
<i>Озимая пшеница (без орошения)</i>		
Лесостепная и предгорная	155	60
Степная	90	50
Сухостепная	85	45
<i>Озимая пшеница (при орошении)</i>		
По всем природным зонам	170	70
<i>Кукуруза на зерно</i>		
Лесостепная	140	80
Степная	110	70
<i>Кукуруза на зерно (при орошении)</i>		
По всем природным зонам	180	100
<i>Рис</i>		
По всем природным зонам	160	60
<i>Сахарная свекла (без орошения)</i>		
По всем природным зонам	140	500
<i>Картофель (без орошения)</i>		
Горная зона	110	250
<i>Картофель (при орошении)</i>		
По всем природным зонам	140	350

* Сычёв В.Г., 2000.

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

$$D = Y_{\text{п}} \cdot H \cdot K,$$

где: D – доза N , P_2O_5 , K_2O для получения планируемой урожайности (д. в., кг/га);

$Y_{\text{п}}$ – планируемая урожайность, ц/га;

H – нормативы затрат удобрений на единицу урожая, д. в., кг/ц;

K – поправочный коэффициент на содержание по-

цу прибавки урожая дозу рассчитывают по формуле:

движных форм фосфора и калия в почвах.

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

$$D = \Delta Y_{\text{п}} \cdot H \cdot K,$$

где: D – доза N , P_2O_5 , K_2O для получения планируемой урожайности, д. в., кг/ц;

$\Delta Y_{\text{п}}$ – планируемый прирост урожая за счет удобрений, ц/га;

H – нормативы затрат удобрений на единицу прибавки урожая, кг д. в. /ц;

K – поправочный коэффициент к содержанию подвижных форм фосфора и калия в почвах (при расчете дозы азота $K = 1$).

Если расчетная доза азота на планируемую урожайность больше максимальной экологически безопасной, то под культуру применяют регламентированную дозу азотных удобрений. Дозу азота для озимых зерновых, злаковых многолетних трав и других культур уточняют по результатам комплексной (почвенной, растительной и метеорологической) диагностики питания растений.

Описанный метод не может использоваться для расчета годовых доз азотных удобрений под зерновые бобовые, бобовые сидераты, многолетние бобовые и бобово-злаковые травы (и под покровные культуры), а также под лен-долгунец. В этих случаях дозу азота устанавливают в соответствии с региональными рекомендациями по результатам полевых опытов.

Дозы удобрений, рассчитанные таким способом, пропорциональны урожайности, поэтому для применения экономически выгодных и экологически безопасных доз очень важно правильно определить величину планируемого и реально возможного урожая. При этом учитывают бонитировку почв, достигнутый и потенциальный уровень урожайности культур, условия влагообеспеченности и другие факторы интенсивности земледелия.

Основой оценки почв при бонитировочных работах являются ведущие диагностические признаки почв, устойчиво и достоверно коррелирующие с урожайностью сельскохозяйственных культур. Обобщение результатов бонитировочных работ в нашей стране показывает, что для каждого региона характерен свой набор почвенных характеристик.¹

В хозяйствах, где проведена бонитировка почв, дозу минеральных удобрений на планируемый урожай по нормативам затрат удобрений на единицу урожая рассчитывают по формуле:

$$D_{NPK} = [Y_{\Pi} - (B_{\Pi} \cdot B_{\Pi})] H_{NPK}$$

где: Y_{Π} – планируемая урожайность, т/га

B_{Π} – балл пашни конкретного поля;

B_{Π} – цена балла пашни, т/га,

H – норматив затрат (вынос питательных веществ),

¹ Штомпель Ю.А., Нещадим Н.Н., Лебедевский И.А., 2009.

кг/т.

При отсутствии таких нормативов допускается использование показателей расхода минеральных удобрений на получение 1 т урожая, т. е. нормативов выноса элементов питания с единицей продукции (приложение).

Для планирования эффективного и экологически безопасного применения удобрений в хозяйствах на основе нормативных показателей ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова и научно-производственными подразделениями агрохимической службы разработаны специальные программные комплексы.

Если фактические ресурсы удобрений, которыми располагает хозяйство, не соответствуют расчетной потребности для получения плановых урожаев, то их распределяют (в том числе имеющиеся органические удобрения) по полям севооборота.

Конечные материалы, которые выдает ЭВМ, содержат все данные о количестве органических и минеральных удобрений (с указанием срока и способа их применения необходимым для внесения на каждом отдельно обрабатываемом участке. Годовые планы применения удобрений, разрабатываемые по программам «Радоз», «Экоуд» и др., служат основой для планирования приобретения сельскохозяйственными товаропроизводителями минеральных удобрений и официальным документом для проведения подрядных работ специализированными агрохимическими и внутрихозяйственными подразделениями.

1.2.2. Балансово-расчетные методы определения доз удобрений

В основе всех расчетных методов лежит баланс питательных веществ – сопоставление расхода элементов

питания на формирование урожая (вынос) и поступления питательных веществ из почвы и удобрений.

Различные растения за период вегетации выносят из почвы определенное количество питательных веществ, необходимых для их жизнедеятельности. Значительная часть этих веществ откладывается в корневой системе, стеблях, листьях, зернах, плодах и лишь в сравнительно небольшом количестве возвращается через корни в почву.

Биологическим выносом называется количество питательных веществ, потребляемых растением для создания биологической массы данного урожая: зерно + солома (ботва) + пожнивно-корневые остатки, в том числе и питательные вещества, частично возвращаемые впоследствии в почву). Вынос можно разделить на две части – хозяйственную и остаточную.

Хозяйственная часть выноса (хозяйственный вынос) включает питательные вещества, содержащиеся в товарной продукции, увозимой (отчуждаемой) с поля при уборке (зерно + солома). Если же солому или ботву оставляют на поле, то элементы, содержащиеся в этой продукции, не входят в хозяйственную часть выноса.

Остаточная часть выноса состоит из элементов питания, остающихся в поле как отходы (это пожнивно-корневые остатки, опавшие листья, утерьянные зерна), а также из оттока некоторого количества питательных веществ, перешедших из корней в почву во второй половине вегетации.

Вынос питательных веществ для каждой культуры зависит от почвенно-климатических условий, величины и структуры урожая.

При расчете доз удобрений балансовыми методами учитывают хозяйственный вынос элементов питания урожаем (приложение).

Расчетные методы доз удобрений основаны на уче-

те выноса питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур, содержания доступных элементов питания в почве, а также и учета коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений или коэффициентов возмещения выноса. Существует множество расчетных методов определения доз удобрений на планируемую прибавку урожая или на планируемую урожайность.

1.2.3. Метод расчета доз удобрений на планируемую урожайность с учетом коэффициентов использования растениями элементов питания из почвы и удобрений

Наиболее распространен расчет доз удобрений по выносу питательных веществ под планируемый урожай с учетом коэффициентов использования питательных элементов из почвы и удобрений.

Дозу удобрений по действующему веществу этим методом можно рассчитать по формуле:

$$Д = (В - З \cdot К_1) : К_2,$$

где: Д – искомая доза удобрения, кг д. в./га;

В – вынос питательных веществ планируемым урожаем, кг/га;

З – запас доступных форм питательных веществ в пахотном слое почвы, кг/га;

К₁ – коэффициент использования питательных веществ из почвы (в долях единицы);

К₂ – коэффициент использования питательных веществ из удобрений (в долях единицы).

Расчет дозы удобрения проводят в следующем порядке

1. Определяется вынос питательных веществ планируемым урожаем по формуле, кг/га,:

$$B = Y \cdot H,$$

где: Y – планируемая урожайность, т/га;

H – норматив выноса питательных веществ, кг/т.

Для расчетов используют справочные данные по выносу элементов питания с единицей продукции (приложение).

2. Рассчитывается запас доступных форм азота, фосфора и калия в пахотном слое почвы, (кг/га).

Массу пахотного слоя определяют по формуле:

$$M = S \cdot h \cdot d_v \cdot 1000,$$

где: S – площадь участка ($100 \cdot 100$), м²

h – глубина вспашки, м;

d_v – плотность сложения, кг/дм³;

1000 – коэффициент для перевода.

В среднем считается, что масса пахотного слоя почвы составляет $3 \cdot 10^6$ кг/га. Используя результаты почвенных анализов, рассчитывают запас элементов питания в почве:

$$Z = П \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot П,$$

где: Z – запас питательных веществ в пахотном слое почвы, кг/га;

$П$ – содержание элемента питания в почве, мг/кг;

$3 \cdot 10^6$ – масса пахотного слоя почвы, кг/га;

10^6 – коэффициент – перевода мг в кг, мг/кг.

Если содержание питательных веществ ($П$) выражено в миллиграммах на 100 г почвы, для расчета запаса в килограммах на гектар коэффициент пересчета составляет 30, т. е.

$$Z = П \cdot 10 \cdot 3 \cdot 10^6/10^6 = 30 \cdot П.$$

3. С учетом коэффициентов использования питательных веществ из почвы определяют количество элементов, которое растения получают из почвы. Коэффициенты приведены

в таблице 14. Для этого запас питательных веществ умножают на коэффициент их использования из почвы.

4. По разнице между выносом элемента с планируемым урожаем и его количеством, используемым из почвы, рассчитываем, сколько питательных веществ будет использовано из удобрений.

5. Для расчета дозы удобрения учитывают коэффициент использования питательных веществ из удобрений K_2 , который приведен в таблицах 14 и 15.

Таким образом, расчетная формула примет вид:

$$Д = (У \cdot Н - З \cdot K_1) : K_2.$$

Таблица 14 – Средние величины использования растениями питательных веществ из удобрений и почвы, % *

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Навоз высокого качества</i>			
Общее содержание питательных веществ	0,5 **	0,25	0,6
Питательные вещества, используемые:			
в 1-й год действия	25	40	70
в 2-й год действия	15	20	10
в 3-й год действия	15	9	10
<i>Минеральные удобрения</i>			
Питательные вещества, используемые:			
в 1-й год действия	60-65	20 (в рядки 40-80)	70
в 2-й год внесения	10	15	10
<i>Подвижные соединения в почве</i>			
Среднее использование общего запаса подвижных питательных веществ в почве	20-25	15 (зерновые) 20-25 (пропашные)	30-40 (зерновые) 45-40 (пропашные)

* Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер, 1971.

** Для расчета доз удобрений применяют коэффициенты использования элементов питания, с этой целью процент использования питательных веществ из почвы и удобрений делят на 100.

Таблица 15 – Средние коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) из почв *

Культура	Почвы						
	дерново-подзолистые	серые лесные	черноземы выщелоченные	черноземы обыкновенные	каштановые	сероземы	
	по Кирсанову	по Чирсанову	по Чирикову	по Мачигину			
1	2	3	4	5	6	7	
P_2O_5							
Зерновые, однолетние и многолетние травы	5	8	10	15	15	15	15
Кукуруза на силос	5	8	10	15	15	15	–
Картофель	7	10	10	–	–	–	–
Кукуруза на зерно	–	10	10	30	30	30	–
Сахарная свекла	–	10	10	–	–	–	–
Подсолнечник	–	–	15	30	30	30	–

* Сычёв В.Г., 2000.

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7
<i>K₂O</i>						
Зерновые, однолетние и многолетние травы	10	12	12	5	5	5
Кукуруза на силос	20	25	20	7	7	–
Картофель	20	25	25	–	–	–
Кукуруза на зерно	–	30	25	10	10	–
Сахарная свекла	–	40	30	–	–	–
Подсолнечник	–	–	40	20	15	–

Если минеральные удобрения вносят вместе с навозом, то расчетная формула дозы минеральных удобрений имеет вид:

$$D = (Y \cdot H - Z \cdot K_1 - O \cdot C \cdot K_3) : K_2 ,$$

где: O – доза органического удобрения, ц/га;

C – содержание элемента питания в навозе, %;

K₃ – коэффициент использования питательных веществ из органического удобрения (в долях единицы).

Пример: Рассчитать дозу азота на планируемую урожайность озимой пшеницы 40 ц/га, если содержание доступного азота в почве 12 мг/100 г.

1. Рассчитаем вынос азота с урожаем 4 т/га:

$$B = Y \cdot H.$$

Норматив выноса (H) находим в приложении, для озимой пшеницы он равен 33 кг/т, тогда

$$B = 4 \cdot 33 = 132 \text{ (кг/га)}.$$

2. Запас доступного азота в почве составит:

$$Z = 12 \cdot 30 = 360 \text{ (кг/га)}.$$

3. Будет использовано азота из почвы (K₁ = 0,25, см. таблица 14):

$$360 \cdot 0,25 = 90 \text{ (кг/га)}.$$

4. Из удобрений азота должно быть использовано:

$$132 - 90 = 42 \text{ (кг/га)}.$$

5. Доза азотного удобрения с учетом коэффициента использования (K₂ = 60 %, т. е. 0,6; таблица 14):

$$D_N = 42 : 0,6 = 70 \text{ кг/га}.$$

Можно воспользоваться и готовой формулой:

$$D_N = (4 \cdot 33 - 30 \cdot 12 \cdot 0,25) : 0,6 = 70 \text{ кг/га}.$$

Расчетная доза азота составила N₇₀.

Пример. Рассчитать дозу азота на планируемую урожайность озимой пшеницы 40 ц/га, если под предшественник было внесено 40 т/га навоза, а содержание доступного азота в почве 12 мг/100 г.

$$D_N = (У \cdot Н - 30 \cdot П \cdot K_1 - O \cdot C \cdot K_3) : K_2;$$

$$D_N = (33 \cdot 4 - 12 \cdot 30 \cdot 0,25 - 400 \cdot 0,5 \cdot 0,15) : 0,6 = 20 \text{ (кг/га)}.$$

Значения C и K_3 приведены в таблице 14.

Расчетная доза азота составила N_{20} .

Для разных методов определения питательных элементов в почвах (Кирсанова, Чирикова и Мачигина) должны быть свои коэффициенты использования питательных элементов растениями (см. таблица 15).

1.2.4. Определение доз удобрений на планируемую прибавку урожая

Доза удобрения на планируемую прибавку урожая рассчитывается по формуле:

$$D = B : K_2,$$

где: D – доза удобрения по д. в., кг/га;

B – вынос элемента питания с планируемой добавкой урожая, кг/га;

K_2 – коэффициент использования элементов питания из удобрений (см. таблица 14).

Здесь при расчете не учитывается содержание элементов питания в почве. Но имеется в виду, что есть данные о получении урожая за счет естественного почвенного плодородия.

Пример. Рассчитать дозу азота на планируемую прибавку урожайности пшеницы 8 ц/га.

$$D_N = 33 \cdot 0,8 : 0,6 = 44 \text{ (кг/га)},$$

где: 33 – вынос азота с урожаем озимой пшеницы (приложение), кг/т;

0,8 – планируемая прибавка урожая, т/га;

0,6 – коэффициент использования азота из азотных удобрений (см. таблица 14).

Расчетная доза азота составит N_{45} .

Расчетные методы определения доз удобрений используются при программировании урожаев в условиях достаточной обеспеченности растений влагой (при орошении).

Однако коэффициенты использования питательных веществ растениями из минеральных удобрений и из почвы, а также балансовые коэффициенты до сих пор слабо разработаны. В частности, для Краснодарского края такие коэффициенты не определены, и это не позволяет с до-

статочной точностью рассчитывать дозы удобрений для планируемых урожаев.

Условность этих коэффициентов служит существенным препятствием для установления доз удобрений на практике по приведенным формулам.

В овощеводстве, и особенно в плодородстве и виноградарстве, применение методов расчета доз удобрений на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений еще больше ограничивается из-за отсутствия данных для многих культур или вследствие того, что они установлены на основе небольшого числа опытов. Поэтому расчетные методы пока могут быть рекомендованы при программировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур для хозяйств с высокой обеспеченностью удобрениями. Необходимо применять комплексный метод расчета доз удобрений, где использовать как результаты полевых опытов, так и группу балансовых методов.

1.3. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – УДОБРЕНИЕ – УРОЖАЙ»

Математические методы и ЭВМ позволяют использовать для определения доз удобрений специальные математические модели – производственные функции. Решение этих функций дает возможность выяснить множество вопросов связанных с применением удобрений: закономерности влияния свойств почвы, доз удобрений и погодных условий на урожай и качество культуры; определить агрономическую экономическую эффективность удобрений, прогнозировать урожайность, рассчитывать оптимальные дозы удобрений и т. д. Для решения таких задач нужны результаты многофакторных опытов, в которых бы учитывалось как можно больше факторов в системе «почва – удобрение – урожай».

Определение доз удобрений предусмотрено всеми основными методами: на основе прямого использования результатов полевых опытов, нормативных данных, балансовых расчетов и производственных функций. Выбор метода зависит от уровня содержания подвижных форм питательных веществ в почве и обеспеченности хозяйства удобрениями, а также экологических ограничений.

Информационной базой при решении задачи служит централизованный банк данных, включающий результаты многочисленных полевых опытов с удобрениями (проведенных агрохимической службой) с учетом почвенно-климатических условий, результаты агрохимического обследования почв, изучения выноса элементов питания урожаем и качества продукции. Если в банке данных объем информации по выбранному методу недостаточен, то дозу удобрений определяют на основании их норматив-

ных затрат на единицу прибавки урожая. Рассчитанные дозы удобрений корректируют в зависимости от основных факторов, которые прямо или косвенно влияют на эффективность удобрений (эродированность почв, удобренность, предшественники, сортовые особенности культур и т. д.).

Модель включает также блоки, позволяющие определить баланс питательных веществ в хозяйстве и в зависимости от него провести корректировку доз минеральных удобрений, а также учесть при этом использование органических удобрений и показатели баланса элементов питания. Кроме того, она предусматривает наиболее рациональное распределение удобрения по способам внесения и требования к качеству получаемой продукции.

2. КОРРЕКТИРОВКА ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСТИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

В последнее время для контроля за питанием растений и установления их потребности в питательных элементах, а также корректировки доз удобрений в течение вегетации все шире внедряется растительная диагностика. Это важнейшее дополнение к методам определения доз удобрений. Метод диагностики оперативно отражает уровень обеспеченности элементами питания растений на отдельных этапах их роста и развития. Различают тканевую и листовую диагностику минерального питания растений.

Тканевая диагностика – метод определения минерального азота, фосфора, калия в соке свежих растений или на срезах. Для анализа чаще используют срезы стебля, черенка или жилки листа – органов, богатых сосудисто-проводящей системой, по которой поступают элементы питания. Эту диагностику также называют стеблевой или экспресс-диагностикой. Тканевая диагностика дает достаточно точные результаты на ранних этапах развития растений, т. е. в период интенсивного потребления элементов питания из почвы. К концу вегетации, когда потребление элементов питания корнями растений замедляется, происходит реутилизация азота, фосфора и калия из старых листьев в молодые органы и тканевая диагностика становится не информативной. Несмотря на невысокую точность быстрых методов анализа, они позволяют определять различия в питании растений отдельных вариантов опыта и устанавливать причины разницы в урожаях. Результаты определения неорганических соединений в листьях овощных культур дают более достоверные показатели различия в питании растений, чем данные валового анализа. В практике чаще всего тканевую диагностику зерновых проводят в фазы выхода в трубку, начала колошения и выметывания. Так дозы азотной под-

кормки посевов озимых культур устанавливаются по уровню обеспеченности нитратным азотом (таблица 16).

Таблица 16 – Доза азотной подкормки озимой пшеницы в зависимости от обеспеченности растений нитратным азотом *

Фаза вегетации	Балл обеспеченности растений азотом и доза подкормки, д. в., кг/га				
	0-0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0
Выход в трубку	60	40	30	20	0
Начало колошения	60	40	30	20	0

* Оптимизация азотного питания озимой пшеницы в фазу трубкования на основе стеблевой диагностики. Краснодар, 1985.

Метод *листовой диагностики* достаточно точен, но трудоемком и выполняется в оборудованных химических лабораториях. Его используют для диагностики азотного питания растений озимой пшеницы в период от колошения до молочной спелости. В это время потребление азота растениями из почвы прекращается и происходит его отток из листьев в зерновку (реутилизация). Для получения высококачественного зерна озимой пшеницы вопрос о необходимости и дозе азотной подкормки решается по результатам листовой диагностики.

Содержание общего азота определяют в трех верхних листьях, которые отбирают с 50 главных стеблей по диагонали поля. Отобранные образцы в этот же день доставляются в лабораторию для анализа. Потребность и доза поздней подкормки определяется по содержанию общего азота в листьях ¹ (таблица 17).

При возделывании риса используют метод листовой диагностики, так как нитратного азота, который определяется при тканевой диагностике в рисовых почвах, практически нет. Диагностику проводят в фазу кущения растений ² (таблица 18).

¹ Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, М., 2001.

² Алёшин Е.П., Порохня А.Д., Петрушенко Г.А., 1981.

Таблица 17 – Потребность в азотных удобрениях озимой пшеницы в фазы колошения и цветения *

Содержание общего азота, % на сухое вещество		Потребность в удобрениях	Доза азота, д. в., кг/га
колошение – цветение	цветение – формирование зерновки		
<3,0	<2,0	очень сильная	60
3,1-3,	2,1-2,5	сильная	40
3,6-4,0	2,6-3,0	средняя	30
4,1-4,5	3,1-3,5	слабая	20
>4,5	>3,5	отсутствует	0

* Эйсерт Э.К., Ачканов А.Я., Дургарьян Н.Г., 1987.

Таблица 18 – Доза удобрений для подкормок риса в фазу кущения *

Содержание элементов в листьях, % на сухую массу			Рекомендованная доза, д. в., кг/га		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K
<i>Лугово-черноземовидная</i>					
1,7	0,2-0,3	1,8-1,9	90	45	45
1,8	0,2-0,3	2,0-2,2	60	30	30
2,1-2,6	0,3-0,4	2,2-2,4	30	15	15
2,7-3,2	0,3-0,4	2,4-2,8	20-30	10-15	10-15
<i>Лугово-болотная солонцеватая</i>					
2,4-2,6	0,2-0,3	1,9-2,0	60	30	30
2,7-3,0	0,2-0,3	2,2-2,4	60	30	30
3,1-3,4	0,3-0,4	2,5-2,8	30	15	15

* Алёшин Е.П., Порохня А.Д., Петрушенко Г.А., 1981.

Метод листовой диагностики важен для плодовых культур, потому что деревья используют питательные вещества из большой толщи почвы, что обычным агрохимическим анализом определить трудно. К тому же большинство плодовых растений не содержат в надземной части нитратный азот, имеют малосочные листья, поэтому методы тканевой диагностики (экспресс-методы Магницкого и Церлинг) к ним неприменимы.

Для диагностики виноградников, плодовых и ягодных культур используют листья, так как они однородны по своему составу и удобны для отбора. В них определяют общий азот, фосфор и калий и другие макро- и микроэлементы и по содержанию этих элементов питания судят об уровне обеспеченности плодовых культур питательными веществами (см. таблица 20). По результатам диагностики корректируют дозы удобрений под плодовые культуры (таблица 19).

Таблица 19 – Корректировка доз удобрений по содержанию элементов питания в листьях плодовых культур *

Уровень содержания элементов	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O	Поправка к дозе
Низкий	Содержание элементов питания ниже оптимального на 25 % и более	+30 %
Недостаточный	Содержание элементов питания оптимального на 10-25 %	Удобрения вносятся в расчетной дозе
Выше оптимального	Содержание элементов питания выше оптимального до 15-20 %	-50 %
Избыточный	Содержание элементов питания выше оптимального на 20 % и более	Удобрения не вносятся

* По данным СКНИИСиВ, 1982 г.

Таблица 20 – Группировка плодовых культур по содержанию элементов питания в листьях, % на сухое вещество *

Уровень обеспеченности	Яблоня и груша			Вишня, слива, черешня			Абрикос, персик		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкий	<1,5	<0,27	<1,0	<1,5	<0,27	<1,3	<2,2	<0,10	<1,0
Недостаточный	1,5-1,9	0,27-0,34	1,0-1,4	1,5-1,9	0,27-0,34	1,3-1,7	2,3-2,9	0,10-0,15	1,1-2,0
Оптимальный	2,0-2,4	0,35-0,55	1,5-2,0	2,0-2,9	0,35-0,55	1,8-2,6	3,0-3,5	0,16-0,27	2,1-3,0
Выше оптимального	2,5-3,0	0,56-0,69	2,1-2,5	3,0-3,6	0,56-0,69	2,7-3,2	3,6-4,2	0,28-0,40	3,1-4,2
Избыточный	>3,0	>0,69	>2,5	>3,6	>0,69	>3,2	>4,2	>0,40	>4,2

* Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе.

Краснодар, 1981.

3. РАСЧЕТ ДОЗ УДОБРЕНИЙ В ФИЗИЧЕСКОЙ МАССЕ

Дозы удобрений, определенные различными методами, выражают в килограммах действующего вещества на гектар. Используемые удобрения имеют различное содержание действующего вещества. В этом случае говорят о физической массе удобрений или физических туках. Для расчета доз удобрений в физической массе (туков) нужно учитывать процент действующего вещества в используемом удобрении.

Пример. Под озимую пшеницу требуется внести N_{120} . Имеется аммонийная селитра NH_4NO_3 , содержащей 34 % N. Рассчитать количество аммонийной селитры в ц/га, которая обеспечит заданную дозу .

Зная процентное содержание азота в удобрении, составляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 34 \text{ кг N содержится в } 100 \text{ кг } NH_4NO_3 \\ 120 \text{ кг N} - x \text{ кг } NH_4NO_3, \end{array}$$

так как дозу удобрения принято выражать в центнерах то пропорция примет вид:

$$\begin{array}{l} 34 \text{ кг N} - 1 \text{ ц } NH_4NO_3 \\ 120 \text{ кг N} - x \text{ ц } NH_4NO_3. \end{array}$$

$$x = 120 \cdot 1:34 = 3,5 \text{ (ц/га)}.$$

Таким образом, для обеспечения дозы N_{120} необходимо внести 3,5 ц/га аммиачной селитры.

Для расчета физической массы удобрения можно воспользоваться формулой:

$$D_{\text{ф. м}} = D_{\text{д. в.}} : C,$$

где: $D_{\text{ф. м}}$ – доза удобрения в физической массе, ц/га;

$D_{\text{д. в.}}$ – доза действующего вещества, кг/га.

C – содержание д. в. в удобрении, %.

При использовании комплексных удобрений расчет осуществляют таким образом, чтобы не вносить в почву избыточного количества питательных веществ. Так, расчет дозы аммофоса и диаммофоса, как правило, ведут по фосфору, а недостающее количество азота вносят с простыми азотными удобрениями.

Пример. Под подсолнечник требуется внести $N_{40}P_{60}$. В наличии имеется аммофос $NH_4H_2PO_4$, содержащий 12 % азота и 50 % фосфора, и мочевины $CO(NH_2)_2$ с содержанием азота – 46 %.

Дозу аммофоса рассчитываем по фосфору:

50 кг P_2O_5 содержится 100 кг аммофоса
60 кг P_2O_5 – x кг аммофоса.

$$x = 60 \cdot 100 : 50 = 120 \text{ кг} = 1,2 \text{ ц аммофоса.}$$

С рассчитанной дозой (1,2 ц) аммофоса мы внесем 60 кг фосфора и некоторое количество азота. Рассчитаем сколько азота мы внесем с аммофосом.

1 ц аммофоса содержит 12 кг N
1,2 ц аммофоса – x кг N.

$$x = 12 \cdot 1,2 : 1 = 14 \text{ кг N.}$$

Недостающее количество азота $40 - 14 = 26$ кг нужно внести с мочевиной.

46 кг N – 1 ц мочевины
26 кг N – x ц мочевины.

$$x = 26 : 46 = 0,56 \text{ ц мочевины.}$$

Таким образом, чтобы обеспечить дозу $N_{40}P_{60}$ необходимо внести аммофоса – 1,2 ц/га и мочевины – 0,56 ц/га.

Если используются удобрения, содержащие одинаковое количество элементов питания, то расчет ведут по

элементу, доза которого наименьшая, а недостающее количество остальных элементов питания дополняют простыми удобрениями.

Пример. Под капусту необходимо внести перед посадкой $N_{40}P_{20}K_{20}$. В хозяйстве имеется нитроаммофоска, содержащая по 17 % азота, фосфора и калия, а также аммиачная селитра с содержанием азота 34,5 %.

Расчет дозы нитроаммофоски ведем по фосфору и калию, т. е. на 20 кг д. в.

17 кг P – 1 ц нитроаммофоски

20 кг P – x ц нитроаммофоски

$$x = 20 \cdot 1 : 17 = 1,2 \text{ ц.}$$

С 1,2 ц нитроаммофоски обеспечим внесение дозы $N_{20}P_{20}K_{20}$.

Недостающие 20 кг азота внесем с аммиачной селитрой, для чего потребуется 0,6 ц.

Таким образом, перед посадкой капусты необходимо внести нитроаммофоски – 1,2 ц/га и аммиачной селитры 0,6 ц/га.

Дозу удобрения на делянку определяют по формуле:

$$Y = d \cdot S \cdot 100 : P,$$

где: Y – доза удобрения на делянку, д. в., кг/га;

d – планируемая доза, кг/га;

S – площадь делянки, га;

P – содержание питательного вещества (N, P_2O_5 или K и удобрения), %.

Допустим, требуется внести суперфосфат в дозе P_{60} , содержащего 18 % P_2O_5 . Площадь делянки 1000 м^2 , т. е. один гектар. Тогда на делянку необходимо суперфосфата:

$$Y = 60 \cdot 0,1 \cdot 100 : 18 = 33,3 \text{ (кг).}$$

4. ЗАДАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

1. Содержание доступных элементов питания в почве составляет: N по Кравкову – 7 мг/кг, P_2O_5 и K_2O по Мачигину – 35 и 250 мг/кг соответственно. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность озимой пшеницы 54 ц/га:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоны составляет $N_{150}P_{80}K_{50}$;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 40 т/га навоза.

2. Содержание в почве N по Кравкову – 4 мг/100 г, P_2O_5 и K_2O по Чирикову – 14 и 16 мг/100 г соответственно. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность озимого ячменя 52 ц/га:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоны составляет $N_{120}P_{70}K_{50}$;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если под предшественник было внесено 40 т/га навоза.

3. Рассчитать дозу удобрения под планируемую урожайность подсолнечника 28 ц/га при содержании в почве N по Кравкову – 25 мг/кг, P_2O_5 и K_2O по Чирикову – 110 и 150 мг/кг соответственно:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений составляет $N_{40}P_{60}$;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 40 т/га навоза.

4. Содержание в почве: N по Кравкову – 4 мг/100 г; P_2O_5 и K_2O по Чирикову – 10 и 12 мг/100 г соответственно. Рассчитать дозы удобрений под планируемую урожайность сахарной свеклы 350 ц/га:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений составляет $N_{120}P_{120}K_{120}$;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если под предшественник было внесено 40 т/га навоза.

5. Содержание в почве N по Кравкову – 25 мг/кг, P_2O_5 и K_2O по Мачигину – 45 и 150 мг/кг соответственно. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность томатов 250 ц/га:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоны составляет $N_{120}P_{100}K_{90}$;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 20 т/га навоза.

6. Рассчитать дозу удобрений на планируемую урожайность кукурузы на зерно 60 ц/га, если содержание в почве N по Кравкову – 15 мг/кг, P₂O₅ и K₂O по Чирикову – 85 и 120 мг/кг соответственно:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоны составляет N₁₂₀P₆₀ K₄₀.

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 60 т/га навоза.

7. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность картофеля 150 ц/га при содержании в почве N по Кравкову – 3,5 мг/100 г, P₂O₅ и K₂O по Чирикову – 9 и 17 мг/100 г соответственно:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоны составляет N₁₂₀P₉₀K₉₀;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 30 т/га навоза.

8. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность риса 52 ц/га при содержании в почве N по Кравкову – 50 мг/кг, P₂O₅ и K₂O по Чирикову – 90 и 120 мг/кг соответственно:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоне составляет N₁₅₀ P₉₀K₇₀;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если под предшественник внесено 40 т/га навоза.

9. Содержание в почве N по Кравкову – 8 мг/кг, P₂O₅ и K₂O по Мачигину – 15 и 250 мг/кг соответственно. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность капусты 400 ц/га:

а) с использованием поправочных коэффициентов, если рекомендуемая доза удобрений для этой зоны составляет N₁₂₀ P₁₂₀K₁₂₀;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 40 т/га навоза.

10. Содержание в почве N по Кравкову – 3 мг/100 г, P₂O₅ и K₂O по Чирикову – 10 и 11 мг/ 100 г соответственно. Рассчитать дозу удобрений под планируемую урожайность табака 30 ц/га:

а) используя поправочные коэффициенты, если рекомендуемая доза N₄₀P₆₀K₄₀;

б) нормативным методом по выносу элементов питания планируемую урожайность;

в) балансовым методом на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений;

г) балансовым методом, если вместе с минеральными удобрениями вносится 20 т/га навоза.

11. Под пшеницу необходимо внести N₆₀P₆₀K₄₀. Рассчитать физическую массу удобрений (ц/га), если имеются:

- а) аммиачная селитра, суперфосфат, калий хлористый;
- б) мочеви́на, простой суперфосфат, калийная соль;
- в) аммофос, аммиачная селитра, хлористый калий;
- г) нитроаммофоска, мочеви́на, суперфосфат двойной;
- д) нитроаммофос, калийная соль.

12. Сколько удобрений нужно внести под плодовые культуры, чтобы обеспечить $N_{120}P_{90}K_{60}$, если имеются:

- а) мочеви́на, суперфосфат простой, хлористый калий;
- б) сульфат аммония, преципитат, хлористый калий;
- в) диаммофос, аммиачная селитра, калийная соль;
- г) нитроаммофоска, мочеви́на, двойной суперфосфат;
- д) ЖКУ, аммиачная селитра, хлористый калий.

13. Под горох необходимо внести $N_{40}P_{60}K_{40}$. Рассчитать дозы удобрений (ц/га), если имеются:

- а) мочеви́на, суперфосфат двойной, калийная соль;
- б) аммиачная селитра, преципитат, сульфат калия;
- в) нитрофоска, суперфосфат простой гранулированный;
- г) ЖКУ, аммиачная селитра, хлористый калий;
- д) аммофос, сульфат аммония, сульфат калия.

14. Рассчитать количество удобрений в ц/га, чтобы обеспечить под озимый ячмень дозу минерального удобрения $N_{60}P_{40}K_{40}$, если в наличии имеется:

- а) аммиачная селитра, суперфосфат простой, калий хлористый;
- б) нитроаммофоска, мочеви́на;
- в) нитрофос, калийная соль, аммиачная селитра;
- г) аммофос, мочеви́на, калий хлористый;
- д) нитрофоска, сульфат калия.

15. Рассчитать физическую массу минеральных удобрений в ц/га под подсолнечник. При рекомендованной дозе удобрения – $N_{40}P_{60}K_{60}$, если имеется:

- а) мочеви́на, суперфосфат двойной, сульфат калия;
- б) нитроаммофоска, калий хлористый, мочеви́на.

Приложение – Вынос азота, фосфора и калия с урожаем сельскохозяйственных культур (основной и побочной продукции), кг/т *

Культура	Вынос питательных веществ		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
Озимая пшеница	33,0	10,4	21,7
Озимый ячмень	27,3	10,4	23,6
Овес	31,3	12,5	26,9
Рис	33,6	14,8	32,8
Кукуруза (зерно)	28,1	9,1	23,6
Горох (зерно)	60,3	14,9	27,2
Фасоль	36,8	13,8	17,2
Соя	74,5	18,9	26,9
Зернобобовые (зерно)	54,3	14,4	18,4
Подсолнечник (семена)	52,7	19,6	100,6
Клецевина	51,9	13,6	26,1
Рапс (семена)	41,1	19,3	27,0
Арахис	54,7	10,3	31,0
Табак	44,0	16,7	54,1
Сахарная свекла (корнеплоды)	4,9	1,6	6,3
Сахарная свекла (семена)	39,1	17,0	52,1
Картофель	5,7	1,7	7,6
Бахчевые культуры	5,0	0,6	5,8
Овощи	4,4	1,4	4,6

Продолжение приложения

1	2	3	4
Морковь	3,2	1,0	5,0
Свекла столовая	2,7	1,5	4,3
Огурцы	1,7	1,4	2,6
Томаты, лук на репку	3,7	1,2	4,0
Кормовые корнеплоды	3,2	1,5	5,7
Кукуруза (зеленая масса)	3,7	1,1	3,5
Подсолнечник (зеленая масса)	3,0	0,8	6,0
Злакобобовая смесь (зеленая масса)	4,5	1,2	4,0
Многолетние травы (сено)	26,3	6,2	20,2
Злаковые травы (сено)	20,2	6,2	17,3
Сад (плоды)	5,8	2,4	5,8
Ягодники (ягоды)	5,0	1,6	5,2
Орехоплодные (орехи)	25,0	4,0	5,2
Виноградник	7,1	3,3	9,0
Питомник (вынос с 1 га)	42,2	16,1	23,9
Древесные насаждения (вынос с 1 га)	32,1	6,4	24,2

* Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И., 2002.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев В.В., Подколзин А.И. Система удобрения в севооборотах Юга России: учеб. пособие. – Ставрополь, 2001. – 480 с.
2. Алёшин Е.П., Порохня А.Д., Петрушенко Г.А. Листовая диагностика: информ. бюл. – Краснодар, 1981. – 2 с.
3. Воропаев В.Н. Агроэкологическое обоснование применения удобрений в земледелии. – М., 2003. – 232 с.
4. Державин Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Колос, 1992. – 272 с.
5. Михайлов Н.Н., Книпер В.П. Определение потребности растений в удобрениях. – М., 1971. – 256 с.
6. Муравин Э.А. Агрохимия. – М., 2003. – 284 с.
7. Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе. – Краснодар, 1981. – 158 с.
8. Оптимизация азотного питания озимой пшеницы в фазу трубкования на основе стеблевой диагностики: рекомендации. – Краснодар, 1985. – 12 с.
9. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур: практ. руководство – М., 2001. – 96 с.
10. Серпуховитина К.А. Рекомендации по применению удобрений на виноградниках. – М., 1989. – С. 20–21.
11. Симакин А.И. Удобрения, плодородие почв и урожай. – Краснодар, 1988. – 270 с.
12. Система садоводства Краснодарского края: рекомендации / под ред. В.Н. Попова. – Краснодар, 1990. – 224 с.
13. Система земледелия в Краснодарском крае на 1990–1995 годы и на период до 2000 года: рекомендации. – Краснодар, 1990. – 272 с.
14. Сычѳв В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / под ред. В.Г. Минеева. – М., 2000. – 187 с.

15. Удобрение овощных культур: справ. руководство / Г.Г. Вендило [и др.]. – М., 1986. – 206 с.
16. Трубилин И.Т., Малюга Н.Г., Василько В.П. Научные основы биологизированной системы земледелия в Краснодарском крае. Краснодар, 2006. – 432 с.
17. Удобрение садов Кубани. – Краснодар, 1982. – 92 с.
18. Штомпель Ю.А., Нещадим Н.Н., Лебедевский И.А. Оценка качества почв, пути воспроизводства плодородия их и рационального использования. – Краснодар, 2009. – 445 с.
19. Эйсерт Э.К., Ачканов А.Я., Дургарьян Н.Г., Мостовой О.М. Справочник агрохимика Кубани. Краснодар, 1987. – 256 с.
20. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. – М., 2002. – 584 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ	4
1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ С УДОБРЕНИЯМИ	8
1.2. РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБ- РЕНИЙ	25
1.2.1. Нормативные методы расчета доз удобрений	25
1.2.2. Балансово-расчетные методы определения доз удобрений	30
1.2.3. Метод расчета доз удобрений на планируемую урожайность с учетом коэффициентов использо- вания растениями элементов питания из почвы и удобрений	32
1.2.4. Определение доз удобрений на планируемую прибавку урожая	40
1.3. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ С ИС- ПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА–УДОБРЕНИЕ– УРОЖАЙ»	42
2. КОРРЕКТИРОВКА ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСТИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ	44
3. РАСЧЕТ ДОЗ УДОБРЕНИЙ В ФИЗИЧЕСКОЙ МАССЕ	49
4. ЗАДАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ДОЗ УДОБРЕНИЙ	52
ЛИТЕРАТУРА	58

Учебное издание

Шеуджен Асхад Хазретович
Громова Любовь Ивановна
Онищенко Людмила Михайловна

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДОЗ УДОБРЕНИЙ

Учебное пособие

Редактор *Т.В. Герасимова*

Подписано в печать 12.01.2010. Формат 60×84 ¹/₁₆
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,7. Уч.-изд. л. 2,2

Тираж 500. Заказ №

Отпечатано в типографии КубГАУ, 350044, г. Краснодар, Калинина, 13
