

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени  
А.А. Ежевского  
ФГБУ «Центр агрохимической службы «Иркутский»  
ФГБНУ «Иркутский НИИСХ»

Научно-методические основы применения удобрений и мелиорантов  
в Предбайкалье

Учебное пособие

Иркутск 2017

УДК 631.8+631.874] (075.8)  
ББК 40.40я73+40.406я73  
Н 347

Печатается по решению научно-методического совета ФГБОУ ВО «Иркутского ГАУ» им. А.А. Ежевского  
(протокол № 5 от 2017 г.)

Рецензенты:

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории устойчивости растений Сибирского института физиологии и биохимии растений Глянько А.К.

Доктор географических наук, профессор Иркутского ГАУ Афолина Т.Е.

Кандидат биологических наук, профессор, начальник инспектуры сортоиспытанию и охране селекционных достижений Крутиков И.А.

Хуснидинов Ш.К., Дмитриев Н.Н., Бутырин М.В., Романчук Е.И. Научно-методические основы применения удобрений и мелиорантов в Предбайкалье: Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2017. – 248 с.

ISBN 978-5-905624-38-4

В научно-методических рекомендациях излагается теоретические основы и практические приемы применения удобрений химических и растительных мелиорантов в специфических почвенно-климатических условиях Иркутской области, дана характеристика минеральных, органических и сидеральных удобрений, мелиорантов, эффективность технологий их применения.

Рекомендуется для руководителей и специалистов АПК, преподавателей, студентов и аспирантов сельскохозяйственных учебных заведений, слушателей факультета повышения квалификации.

УДК 631.8+631.874] (075.8)  
ББК 40.40я73+40.406я73

ISBN 978-5-905624-38-4

© Хуснидинов Ш.К., Дмитриев Н.Н.,  
Бутырин М.В., Романчук Е.И. и др., 2017  
© ФГБОУ ВО Иркутский государственный  
аграрный университет им. А.А. Ежевского

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГИОНА.....	10
1.1. География области.....	10
1.2. Климатическая характеристика.....	10
2. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	19
2.1. Земельный фонд.....	19
2.2. Состав почв, почвенные округа, агропроизводственные зоны.....	20
2.3. Характеристика почв Иркутской области.....	25
3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЕВОДСТВА ОБЛАСТИ.....	35
3.1. Структура посевных площадей и урожайность сельскохозяйственных культур.....	35
3.2. Состояние и причины снижения плодородия почв.....	37
3.3. Научные основы системы земледелия.....	41
4. ОСНОВЫ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ.....	45
4.1. Химический состав растений.....	45
4.2. Потребность растений в питательных веществах.....	48
4.3. Динамика поступления питательных веществ в растение.....	52
5. АГРОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ.....	56
5.1. Элементы «воздушного» питания-фотосинтеза: углерод, кислород, водород.....	56
5.2. Азот.....	62
5.2.1. Значение и источники азота.....	62
5.2.2. Азот в почве.....	63
5.2.3. Минерализация азота.....	64
5.2.4. Пополнение запасов азота в почве.....	66
5.2.5. Потери азота из почвы.....	67
5.2.6. Азот в растении.....	68
5.2.7. Источники азотного питания растений.....	72
5.3. Фосфор.....	76
5.3.1. Источники фосфорного питания растений.....	77
5.3.2. Фосфорные органические соединения.....	79
5.3.3. Влияние фосфора на рост и развитие растений.....	80
5.3.4. Фосфор почвы.....	81
5.4. Калий.....	82
5.4.1. Количество калия в почве.....	83
5.4.2. Калий в обмене веществ растений.....	85
5.5. Кальций.....	86
5.5.1. Кальций в почве.....	87
5.5.2. Кальций в растениях.....	88

5.5.3. Вымывание и значение кальция в растении.....	89
5.6. Магний.....	89
5.7. Железо.....	90
5.8. Натрий.....	91
5.9. Хлор.....	91
5.10. Сера.....	92
5.11. Бор.....	92
5.12. Медь.....	93
5.13. Марганец.....	95
5.14. Цинк.....	95
5.15. Кобальт.....	97
5.16. Молибден.....	97
5.17. Кремний.....	98
5.18. Алюминий.....	98
5.19. Редкие и рассеянные элементы.....	99
6. ХАРАКТЕРИСТИКА УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ.....	101
6.1. Классификация удобрений.....	101
6.1.1. Классификация удобрений по их агрономическому назначению.....	102
6.1.2. Классификация удобрений по их происхождению, способу и месту получения.....	103
6.1.3. Классификация минеральных удобрений по их конструкции.....	103
6.2. Минеральные удобрения.....	104
6.2.1. Азотные удобрения.....	104
6.2.2. Фосфорные удобрения.....	107
6.2.3. Калийные удобрения.....	111
6.2.4. Комплексные минеральные удобрения.....	113
6.2.5. Микроудобрения.....	116
6.3. Органические удобрения, компосты и биогумус.....	124
6.4. Сидеральные удобрения.....	131
6.5. Бактериальные удобрения.....	139
6.6. Растительные и химические мелиоранты.....	140
6.7. Известковые мелиоранты.....	140
7. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.....	142
7.1. Особенности взаимодействия почв с удобрениями.....	142
7.2. Определение потребности растения в питательных веществах...	151
7.3. Особенности применения удобрений в посевах сельскохозяйственных культур.....	156
7.3.1. Яровая пшеница.....	158
7.3.2. Ячмень.....	158
7.3.3. Овес.....	159
7.3.4. Зернобобовые культуры.....	160

7.3.5. Крупьяные культуры.....	162
7.3.6. Картофель.....	164
7.3.7. Кормовые культуры.....	165
7.3.8. Однолетние травы.....	167
7.3.9. Кормовые корнеплоды.....	168
7.3.10. Многолетние травы.....	169
7.3.11. Овощные культуры.....	173
8. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.....	180
8.1. Нормативная база для разработки системы.....	180
8.2. Методы определения оптимальных доз удобрений.....	187
9. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	191
9.1. Технология применения удобрений.....	191
9.2. Технология применения мелиорантов.....	195
9.3. Технология фитомелиорации почв.....	204
10. ОХРАНА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	208
10.1. Охрана почвы.....	209
10.2. Проблемы загрязнения природной среды и пути ее решения...211	
10.2.1. Экологически обоснованное применение минеральных удобрений.....	212
10.2.2. Особенности применения пестицидов в интегрированной системе защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.....	220
10.2.3. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и мероприятия по их детоксикации.....	221
10.3. Комплексные мероприятия по предупреждению загрязнения водных источников.....	236
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	241
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	247

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение население продуктами питания – безусловно, одна из самых трудных проблем современности.

Центральное место в сельском хозяйстве, которое является главной «индустрией жизни», занимает растениеводство.

Растениеводство – эта отрасль сельскохозяйственного производства и наука, изучающая разнообразие форм и сортов полевых растений, особенности их биологии и наиболее современные приемы выращивания высоких урожаев наилучшего качества при наименьших затратах труда и низкой себестоимости продукции.

Растениеводство обеспечивает большую часть потребности населения не только в пищевой энергии (около 88% энергии в структуре питания приходится на растительные углеводы и жиры), но и белке (около 80%), витаминах, минеральных солях и других физиологически незаменимых веществах (стандартная единица питания человека равна  $2 \times 10^6$  ккал/год; или 0,5 т зерна. В день требуется 1,37 кг зерна, или 5480 ккал и около 140 г белка). В целом растительные продукты составляют 93% диеты человека, а около 80% побочной биомассы растений участвуют в формировании плодородия (Жученко, 1990).

Важнейшей особенностью растениеводства является то, что основные средства этого производства – «зеленые машины» - растения, выступающие одновременно в качестве предметов и продуктов труда, способны «питаться» светом и синтезировать в процессе фотосинтеза биологически ценные вещества, используя для этого практически неограниченные энергетические и сырьевые ресурсы природной среды (солнечную радиацию,  $\text{CO}_2$ , азот, воду и т.д.). именно это свойство зеленых растений и определяет их основополагающее место не только в пищевой пирамиде живой природы, но и в жизни человеческого общества. Достаточно сказать, что около 95% сухих веществ растений – это аккумулированная в процессе фотосинтеза энергия Солнца.

Наиболее сложными в растениеводстве являются процессы формирования урожая и управления ростом и развитием растений.

Высоко продуктивное растениеводство базируется на зональной научно обоснованной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в основу которой положены биологические особенности растений, правильное использование земли в соответствии с её плодородием и климатическими условиями региона. Технология возделывания должна включать следующие основные приемы: подбор сельскохозяйственных культур и сортов, обладающих в местных почвенно-климатических условиях наиболее ценными хозяйственно-биологическими свойствами; выбор наилучших предшественников в севообороте; систему обработки почвы, применения удобрений; интегрированную систему защиты растений от вредителей, болезней и сорняков; систему машин; подготовку семян к посеву, сроки, способы, нормы высева и глубину посева; уход за посевами; уборку; первичную обработку собранного урожая.

Повысить уровень продукции растениеводства возможно лишь при широком использовании достижений науки и передового опыта. Современная стратегия интенсификации растениеводства должна обладать наибольшей наукоемкостью, т.е. обеспечить системный подход к использованию социально-экономических, биологических, техногенных и природных факторов на основе познания фундаментальных законов развития природы.

Научно-обоснованное растениеводство предполагает единство агро-биологической науки и сельскохозяйственной практики.

Сельскому хозяйству региона в последние годы удалось решить ряд важных проблем, касающихся увеличения производства зерна, картофеля, овощей, кормов. Однако, недостаток пахотных угодий, неосвоенность научно-обоснованной системы земледелия, снижение плодородия почв сдерживает развитие растениеводства.

По данным ЦАС «Иркутский» за последние 25 лет площади почв с низким содержанием гумуса увеличились на 238,1 тыс. га, кислых почв – на 127,3 тыс. га.

Иркутская область расположена в континентальной зоне Азиатского материка. Характерной особенностью климата региона является его засушливость, ограниченные тепловые ресурсы, низкое плодородие почв. Своеобразие природно-ресурсного потенциала региона необходимо учитывать при разработке дополнительных мероприятий, с одной стороны – как по повышению плодородия почв, связанных с применением средств химизации, в первую очередь, минеральных, органических, сидеральных удобрений, различных мелиорантов растительного происхождения и химического производства, с другой – так и применения интенсивных наукоемких технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Однако, одностороннее применение средств химизации приводит к загрязнению природной среды и ухудшению качества возделываемых сельскохозяйственных культур и производимых продуктов питания. Поэтому возникла острая необходимость научного обоснования и практического использования более эффективных и экологически обоснованных приемов и технологий сохранения плодородия почв, применения средств химизации, производства высококачественных продуктов питания.

В успешном решении этих проблем большое внимание уделяется научно-обоснованному применению минеральных, органических, сидеральных удобрений и мелиорантов растительного происхождения и химического производства.

Коллектив авторов представленного учебного пособия выражает надежду, что изложенные в нем сведения окажут практическую помощь и послужат научно-методической основой разработки системы применения удобрений и мелиорантов в специфических почвенно-климатических условиях региона.



В подготовке к изданию научно-методического пособия принимали участие: Султанов Ф.С., Дагуров А.В., Истомина Т.А., Коновалов А.С., Зайцев А.М., Решетский В.Е., Бажанов Ю.С.

# **1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГИОНА**

## **1.1. География области**

Иркутская область расположена на юге Восточной Сибири, в бассейнах верхнего течения рек Ангары, Лены и нижней Тунгуски и занимает площадь 775 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 4,6% территории Российской Федерации. Протяженность области с запада на восток 1500 км, с юга на север – 1400 км. В преобладающей лесной зоне имеются степные и лесостепные участки, вытянутые с запада на восток.

Находясь в центре Азиатского материка, область занимает выгодное географическое положение. На юге, юго-востоке она граничит с Республикой Бурятия, Читинской области, на севере и северо-востоке – с Республикой Саха (Якутия), на северо-западе и западе – с Красноярским краем, на юго-западе – с Республикой Тыва. Протяженность границ 7240 км, из них сухопутных – 6720, водных – 520 км. Почти 2/3 территории находятся на высоте более 500 м над уровнем моря, на долю низменности приходится всего 1% общей площади.

В настоящее время в области проживает 2790,7 тыс. человек, из которых 79,5% горожане. Плотность населения на 1 км<sup>2</sup> составляет 3,4 человека, при 8,7 человек по России. Область разделена на 33 района, а также Усть-Ордынский Бурятский национальный округ. Территория округа – 22,4 тыс. км<sup>2</sup>. В состав его входят 6 административных районов. В округе живет 142,4 тыс. человек.

## **1.2. Климатическая характеристика**

Климат Иркутской области резко континентальный, с суровой, продолжительной, малоснежной зимой и теплым, с обильными осадками во вто-

рой половине, летом. Определяется он физико-географическими условиями территории и атмосферной циркуляцией, характер которой в теплом и холодном полугодиях различен.

В холодный период года над большей частью Восточной Сибири устанавливается область высокого давления – Сибирский антициклон, благодаря которому во второй половине зимы преобладает малооблачная погода со слабыми ветрами и малым количеством осадков; получают широкое развитие процессы выхолаживания, которые в сочетании с особенностями рельефа обуславливают весьма низкие зимние температуры воздуха и почвы. По мере разрушения антициклона постепенно меняется и характер погоды. В результате оживления циклонической деятельности в теплом полугодии заметно возрастает степень покрытия неба облаками, выпадает большая часть годовых осадков, усиливаются ветры.

**Температура воздуха.** Значительная протяженность Иркутской области с севера на юг и с запада на восток, сложность её рельефа определяют большое разнообразие в распределении климатических элементов. На большей части территории самым холодным месяцем является январь, на Байкале – январь – февраль, самый теплый – июль, на Байкале – август. Разность между средними температурами самого теплого и самого холодного месяцев на большей территории достигает 30-45°C, на севере области превышают 50°C. Наиболее высокие дневные температуры воздуха могут достигать на основной территории 35-40°C, на побережье Байкала – 30-33°C. Наиболее низкие температуры воздуха колеблются: на основной территории области от – 50°C на юге области до – 61°C на крайнем севере, по берегам Байкала от – 40°C на юге до – 51°C на северо-востоке.

Средние месячные температуры поверхности почвы в зимние месяцы колеблются в северных и крайне северных районах области от минус 17 до – 37°C, на остальной территории области – от минус 11 до – 25°C.



Рисунок 1 – Административно-территориального деления Иркутской области

Район	Районный центр	Район	Районный центр
1. Ангарский	г. Ангарск	18. Слюдянский	г. Слюдянка
2. Балаганский	пгт. Балаганск	19. Тайшетский	г. Тайшет
3. Бодайбинский	г. Бодайбо	20. Тулунский	г. Тулун
4. Братский	г. Братск	21. Усольский	г. Усолье-Сибирское
5. Жигаловский	пгт. Жигалово	22. Усть-Илимский	г. Усть-Илимск
6. Заларинский	г. Зима	23. Усть-Кутский	г. Усть-Кут
7. Зиминский	пгт. Залари	24. Усть-Удинский	пгт. Усть-Уда
8. Иркутский	г. Иркутск	25. Черемховский	г. Черемхово
9. Казачинско-Ленский	пгт. Магистральный	26. Чунский	пгт. Чунский
10. Катангаский	с. Ербогачен	27. Шелеховский	г. Шелехов
11 Качугский	пгт. Качуг	Усть-Ордынский	автономный округ
12 Киренский	г. Киренск	28. Аларский	пгт. Кутулик
13 Куйтунский	пгт. Куйтун	29. Баяндаевский	с. Баяндай
14 Мамско-Чуйский	пгт. Мама	30. Боханский	пгт. Бохан
15 Нижне-Илимский	г. Железногорск-Илимский	31. Нукутский	п. Новонукутский
16 Нижнеудинский	г. Нижнеудинск	32. Осинский	с. Оса
17 Ольхонский	с. Еланцы	33. Эхирит-Булагатский	пгт. Усть-Ордынский

Наиболее низкие температуры поверхности почвы опускаются в отдельные дни до минус 50°С – в южных и юго-восточных и до минус 68°С – в северных районах области. Наиболее высокие дневные температуры поверхности почвы повсеместно превышают плюс 50°С, достигая в отдельных районах до плюс 60°С. Вместе с тем, летом в отдельные дни температура поверхности почвы в ночные часы может понижаться до минус 1-3°С.

По данным многолетних наблюдений, устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°С к отрицательным значениям наблюдается 10-15 октября, в северных районах – во второй пятидневке октября; устойчивое повышение среднесуточной температуры воздуха до положительных значений – 15-20 апреля, на севере – в конце апреля.

За весенний сезон принято считать период от даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°С и до повышения её до плюс 10°С. Дата начала весны по годам значительно колеблется. Обычно этот период непродолжительный, ветренный и сухой. Преобладает неустойчивый характер погоды с частым вторжением холодных масс воздуха. В течение всего периода наблюдаются частые, интенсивные заморозки. Среднесуточные амплитуды колебания температуры воздуха достигают 25-30°С.

Летним сезоном принято считать период со среднесуточной температурой плюс 10°С и выше. Начало его приходится на конец мая, конец – на первые числа сентября. Дней с температурой плюс 15°С не более 55-70; в северных районах продолжительность летнего сезона 45-50 дней, этот период заканчивается здесь обычно в середине августа.

Одна из характерных особенностей климата Иркутской области - короткий безморозный период, что объясняется интенсивной потерей тепла вследствие радиационного излучения ночью, вторжением холодных масс воздуха, их застоём и дальнейшим выхолаживанием в пониженных участках рельефа.

Продолжительность безморозного периода, интенсивность и продолжительность заморозков зависит от рельефа местности.

Поэтому при использовании земельных угодий и размещении сельскохозяйственных культур необходимо учитывать условия рельефа и экспозицию склонов.

Таблица 1 – Влияние элементов рельефа на теплообеспеченность

Показатели	Рельеф местности		
	на горе	на увале	в долине
Продолжительность безморозного периода, дней	111	79	62
Температура 16 мая, °С	-1,4	-4,3	-5,8

**Осадки.** Режим осадков определяется главным образом атмосферной циркуляцией. В холодный период года на большей частью Восточной Сибири преобладает малооблачная погода с малым количеством осадков, в теплый период выпадает 65-85% годовой суммы осадков. На распределение осадков по территории заметное влияние оказывает рельеф местности. На наветренных склонах хребтов осадков выпадает в 2-3 раза больше, чем на остальной территории области.

Наименьшая (менее 200 мм) сумма осадков отмечается на острове Ольхон и в бассейне р. Куды, наибольшие (более 1000 мм) – на наветренных склонах горных хребтов. На большей части равнинной территории выпадает 350-500 мм осадков. В предгорьях Восточного Саяна – 450-500, увеличиваясь на наветренных склонах до 800 мм. Число дней с осадками 0,1 мм и более уменьшается от 170-190 в северных до 120-130 дней в южных районах области и до 100 и менее дней на западном побережье Байкала. Число дней с осадками 5 мм и более резко уменьшается, составляя на основной территории области 15-25 дней, по побережью Байкала – 11-35, в горах Хамар-Добана до 60 дней в год.

В годовом ходе максимум осадков приходится на июль – август и составляет 50-90 мм, увеличиваясь на Хамар-Дабане до 150-200 мм. В месяцах

минимума (февраль-март) суммы осадков, как правило, не превышают 5-10 мм, увеличиваясь в горах Восточного Саяна до 20-50 мм.

Количество осадков по годам значительно колеблется: в Иркутском районе – от 601 до 328, в Качуге – от 422 до 143, в Балаганске – от 428 до 213 мм. Суточный максимум осадков достигает в июле – августе 30-60, в отдельные годы – 80-120 мм.

Вследствие скудности зимних осадков снежный покров в области незначителен. Максимальной высоты он достигает в марте и в среднем на основной территории не превышает 30-50 см, на севере области 50-60, в горах 180-190 см. Продолжительность залегания снежного покрова в северных районах около 200, в горах – около 230 дней. На высоких горных вершинах лежат вечные снега и перелетки.

Незначительный снежный покров и низкие зимние температуры способствуют глубокому промерзанию почвы (местами до 2 под естественной поверхностью и до 3 м – под оголенной).

Сход снежного покрова, в первую очередь, происходит на открытых и южных склонах. Позже всего от снега освобождаются залесенные участки, распадки, котловины.

По средним многолетним данным, на территории основных сельскохозяйственных районов полный сход снежного покрова наблюдается в середине апреля, на севере области – 25-30 апреля.

При раннем сходе снежного покрова посеы озимой ржи и многолетних трав попадают под непосредственное воздействие колебаний температуры в течение суток, что вызывает значительный выпад растений. В это время наблюдаются также значительные потери влаги на испарение и морозное выветривание.

В холодный период года над большей частью территории преобладают ветры западного направления, летом – северо-западного.

При антициклонном типе погоды в зимнее время над территорией области отмечается большая поверхность штилей, способствующих формиро-

ванию застойных явлений. Наибольшая их поверхность отмечается в Верхне – Ленских районах (50-80%). Средние месячные скорости ветра на основной территории, как правило, не превышают 1-3, а на Байкале, в силу местных особенностей, они колеблются от 3 до 6 м/сек.

Оживление циклонической деятельности в теплый период года над территорией Иркутской области и установление антициклонной погоды на Байкале сглаживают различия в средних месячных скоростях ветра. Повсеместно они не превышают 5 м/сек. Долины почти всех крупных рек Иркутской области в ночные и предрассветные часы заполняются густым туманом, часто удерживающимся до полудня. Наиболее часто туманы наблюдаются в долинах рек Ангары и Лены (до 60-85 дней в год), реже всего – в горных долинах (20-30 дней), в долинах рек Киренги, Нижней Тунгуски и Витима отмечается в среднем 40-65 дней в году.

Велики различия в распределении туманов на озере Байкал, в южной его части наблюдается 5-10 дней с туманами в год, в северной - их число увеличивается до 25.

Характерной особенностью климата Иркутской области является часто наблюдающиеся температурные инверсии, особенно в холодное время года (60-90%), играющие важную роль в формировании застойных явлений. Максимальная мощность инверсий в летний период достигает 2, а в зимний – 3 и более км.

**Температура почвы.** Тепловое состояние почвы определяется разностью между приходом и расходом лучистой энергии солнца, поглощающей и излучающей способностью поверхности почвы, степенью расчлененностью рельефа, экспозицией склона, влажностью, растительностью, высотой снежного покрова. Во второй половине сентября наблюдается ночное подмерзание, а в октябре – промерзание почвы. Средняя глубина промерзания почвы – 160-200 см. В северных и северо-западных районах, где зима продолжительная и суровая, почва промерзает на глубину 120-140 см, что объясняется ран-



ним выпадением снежного покрова, более высоким и равномерным его залеганием.

Оттаивание почвы начинается с момента схода снежного покрова и проникновения тепла в нижележащие слои почвы. В районах, где отсутствует многолетняя мерзлота, оттаивание идет как сверху, так и снизу промерзшего слоя. К концу апреля почва оттаивает на глубину 20-30 см. К концу мая почва в основных сельскохозяйственных районах оттаивает на 80-100 см, а в поле – на полную глубину. На глубине 10 см температура почвы повышается до плюс 5°С в период с 1 по 15 мая. В это время в области проходит массовый сев ранних яровых культур. С 20-по 30 мая температура почвы на глубине 10 см повышается до плюс 10°С.

**Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур.** Полевые сельскохозяйственные культуры на территории области испытывают острый недостаток влаги. Это обусловлено тем, что большая часть осадков выпадает в теплое время года и обеспечивает хорошую влагозарядку почвы с осени только после её обработки. На влагообеспеченность сельскохозяйственных культур положительное влияние оказывает медленное оттаивание почвы весной. Наличие мерзлой прослойки почвы в течение весны и начале лета препятствует проникновению талых вод в нижние горизонты и способствует иссушению корнеобитаемого слоя.

Запасы продуктивной влаги в пахотном слое, особенно в слое 0-10 см, за вегетационный период подвергаются значительным колебаниям. На степень увлажненности пахотного горизонта оказывают влияние погодные условия, а также время и качество обработки почвы. Особенно это проявляется на бесструктурных и легких по механическому составу почвах. В годы с обильными осадками во второй половине лета на средних и тяжелых почвах по зяби и на парах в метровом слое почвы осенью содержится 150-250 мм продуктивной влаги, на легких почвах – 100-170 мм. Если в предшествующий год с июля по октябрь выпало недостаточное количество осадков, то запас продуктивной влаги в метровом слое к началу весеннего сева не превы-

шает 80-150 мм, или 40-60% от наименьшей полевой влагоемкости. В такие годы снегозадержание в зимний период и талых вод весной играют существенную роль в пополнении запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое.

Существенную роль в сохранении продуктивной влаги играет также ранневесеннее боронование, которое предотвращает испарение влаги с поверхности почвы.

Недостаточное накопление продуктивной влаги в почве с осени и опоздание с проведением ранневесеннего боронования и культивации способствуют испарению 30-50 т влаги с каждого гектара пашни за сутки. Это приводит к сильному иссушению пахотного горизонта. В результате наблюдаются изреженные всходы и потери урожая яровых зерновых культур. Величина урожая оказывается в непосредственной зависимости от количества осадков в мае – июне. Следовательно, растения могут подвергаться неблагоприятным воздействиям весенних засух, у зерновых культур закладывается мелкий колос, имеет место слабая кустистость.

Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см менее 5 мм в период от посева до всходов считается неудовлетворительными. Семена в этом случае не прорастают. При наличии влаги от 5 до 10 мм семена прорастают медленно, всходы задерживаются, наблюдается изреженность посевов. И только при запасах влаги в слое 0-20 см от 10 до 25 мм условия увлажнения считаются хорошими. При умеренных температурах в этом случае наблюдаются дружные всходы, хорошее укоренение и закладка колоса.

В период от фазы кущения до выхода в трубку условия увлажнения считаются хорошими, если запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см составляет от 30 до 60 мм. В период колошения запасы продуктивной влаги в метровом слое менее 80 мм считаются неудовлетворительными, от 80 до 150 мм – удовлетворительными, от 150 до 200 мм – хорошими.

Во второй половине лета сельскохозяйственные культуры недостатка во влаге в условиях Иркутской области почти не испытывают или испытывают очень редко.

Из вышеизложенного следует заключить, что в условиях Иркутской области важную роль в накоплении влаги играют своевременное проведение агротехнических мероприятий по обработке пара и зяби, посев кулис, ранневесеннее боронование и другие приемы. При недостаточных запасах влаги в верхних слоях почвы необходимо проводить пред – и послепосевное прикатывание, которое обеспечивает поступление влаги в корнеобитаемый слой почвы из глубоких горизонтов.

## **2. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **2.1. Земельный фонд**

Иркутская область является составной частью крупного географического региона – Восточной Сибири. Территория области составляет 77,5 млн.га.

Земельный фонд области составляет 75,3 млн.га, Усть-Ордынского национального округа – 2,2 млн.га.

Земли лесного фонда занимают основную часть территории области – 87,8%, на земли сельскохозяйственных предприятий, организаций и граждан приходится 4,3% территории, на остальные категории – 7,9%.

Размещение территории округа в наиболее обжитой и природно наиболее выгодной для земледелия части области – южной, предопределило несколько иное распределение земель по категориям. Так, почти половина территории округа приходится на земли сельскохозяйственных предприятий, организаций и граждан – 42,0%, земли лесного фонда занимают 46,6%, зна-

чительный удельный вес ложится на земли, находящиеся в ведении местных органов власти – 6,4%.

Являясь одним из самых крупных регионов РФ, Иркутская область в то же время имеет одну из самых низких показателей обеспеченности населения пашней. Если в среднем по России на одного жителя приходится 0,87 га пашни, то в Иркутской области только 0,46 га.

Сельскохозяйственные угодия занимают в границах области 1927,2 тыс. га (2,6%), а пашни 1214,2 (1,6%). На долю лесов и кустарников приходится 65025,2 тыс. га (86,4%). Более 5% территории занимают прочие земли.

В округе удельный вес сельскохозяйственных угодий значительно выше, они занимают площадь 868,1 тыс. га (39,3%), на долю леса и кустарника приходится 1205,2 тыс. га – 54,5%.

По данным генеральной схемы противоэрозионных мероприятий, из 2648,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий Иркутской области площадь эродированных земель составила 797,8 тыс. га, или 30,1%.

Состояние свыше 20% сельскохозяйственных угодий области неудовлетворительное. Особенно высокой деградации подвергаются кормовые угодия: сенокосы и пастбища.

Земельные преобразования, проводимые в области в последние 5 лет, привели только к количественному перераспределению, но не улучшили качественное состояние сельскохозяйственных угодий. Мелиоративное состояние кормовых угодий и пашни крайне неудовлетворительное. Интенсивное и бессистемное использование сельскохозяйственных угодий приводит к снижению их плодородия и продуктивности, ухудшению видового (ботанического) состава растений.

## **2.2. Состав почв, почвенные округа, агропроизводственные зоны**

Земледельческая освоенность области невысока, сельскохозяйственные угодия составляют 3,4% земельной площади. Сельское хозяйство наиболее

развито в южной части области на равнинных территориях и поймах рек. В связи с разнообразием природных условий почвенный покров области представлен различными типами почв.

В составе пахотного фонда наибольшее распространение имеют серые лесные – 47,7% и дерново-карбонатные почвы – 35,5%. Черноземные почвы занимают 7,4, лугово-черноземные – 3,2, пойменные – 2,4, дерново-подзолистые – 1,9, луговые – 1,6, прочие – 0,3% от общей площади пашни.

Вся территория области делится на шесть почвенных округов:

1. Тулуно-Иркутский – с серыми лесными, дерново-подзолистыми, черноземными выщелоченными и лугово-черноземными почвами;
2. Балаганно-Нукутский и Усть-Ордынский – с маломощными черноземами, дерново-карбонатными и серыми лесным почвами;
3. Чуно-Ангарский – с дерново-подзолистыми, дерново-лесными, частью железистыми почвами;
4. Братский – с дерново-карбонатными, дерново-лесными, частью железистыми почвами;
5. Киренский – с дерново-карбонатными, дерново-подзолистыми и подзолистыми почвами;
6. Качугский – с дерново-карбонатными почвами.

По природным и агропроизводственным особенностям Иркутская область делится на три сельскохозяйственные зоны: лесостепную, остепненную и подтаежно-таежную.

**Лесостепная зона** – расположена вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали от Иркутска до Тулуна, а также на правом берегу верхнего течения р. Ангара (Бохан, Усть-Уда). В эту зону входят следующие районы: Иркутский, Усольский, Ангарский, Шелеховский, Боханский, Осинский, Заларинский, Зиминский, Куйтунский, Тулунский, Братский, Усть-Удинский. Это основная сельскохозяйственная зона области. Зона характеризуется сравнительно благоприятными климатическими условиями. Вегетаци-

онный период умеренно теплый. Годовая сумма осадков 300-400 мм. Весна и начало лета характеризуются недостаточным увлажнением.

В лесостепной зоне преимущественное распространение имеют серые лесные почвы 59%, дерново-карбонатные занимают 20%, черноземы около 8%, дерново-подзолистые – 1%.

**Остепненная зона.** Остепненные территории расположены в Усть-Ордынском Бурятском национальном округе и состоят из двух ареалов: Ангарско-Нукутского и Усть-Ордынско-Баяндаевского. К ним относятся районы округа: Аларский, Баяндаевский, Нукутский, Эхирит-Булагатский, а также Черемховский и Ольхонский.

На территории Иркутской области степь не образует сплошной зоны, для неё характерно островное распределение и четкая приуроченность к определенным элементам рельефа. Наибольшие площади степей распространены по древним террасам долин, по средним и нижним частям склонов, южной экспозиции. Участки степей отмечаются и на крутых склонах, подверженных выветриванию и эрозии.

Остепненная зона характеризуется неблагоприятным климатом, сухой засушливой весной и первой половиной лета (апрель, май и первая половина июня). Резкая континентальность климата, когда годовая амплитуда температуры воздуха может составлять 50-60°C, а суточная – 18-20°C, небольшое годовое количество осадков – 250-350 мм, максимум которых приходится на конец июля – первую половину августа, накладывает свой отпечаток на формирование степной злаково-полынной растительности. Растения отличаются небольшой высотой, продуктивность их меняется по годам и составляет от 1 до 10 ц/га. Корневая масса превышает надземную, а замедленные темпы разложения растительных остатков ограничивает образование высокомолекулярных гумусовых веществ.

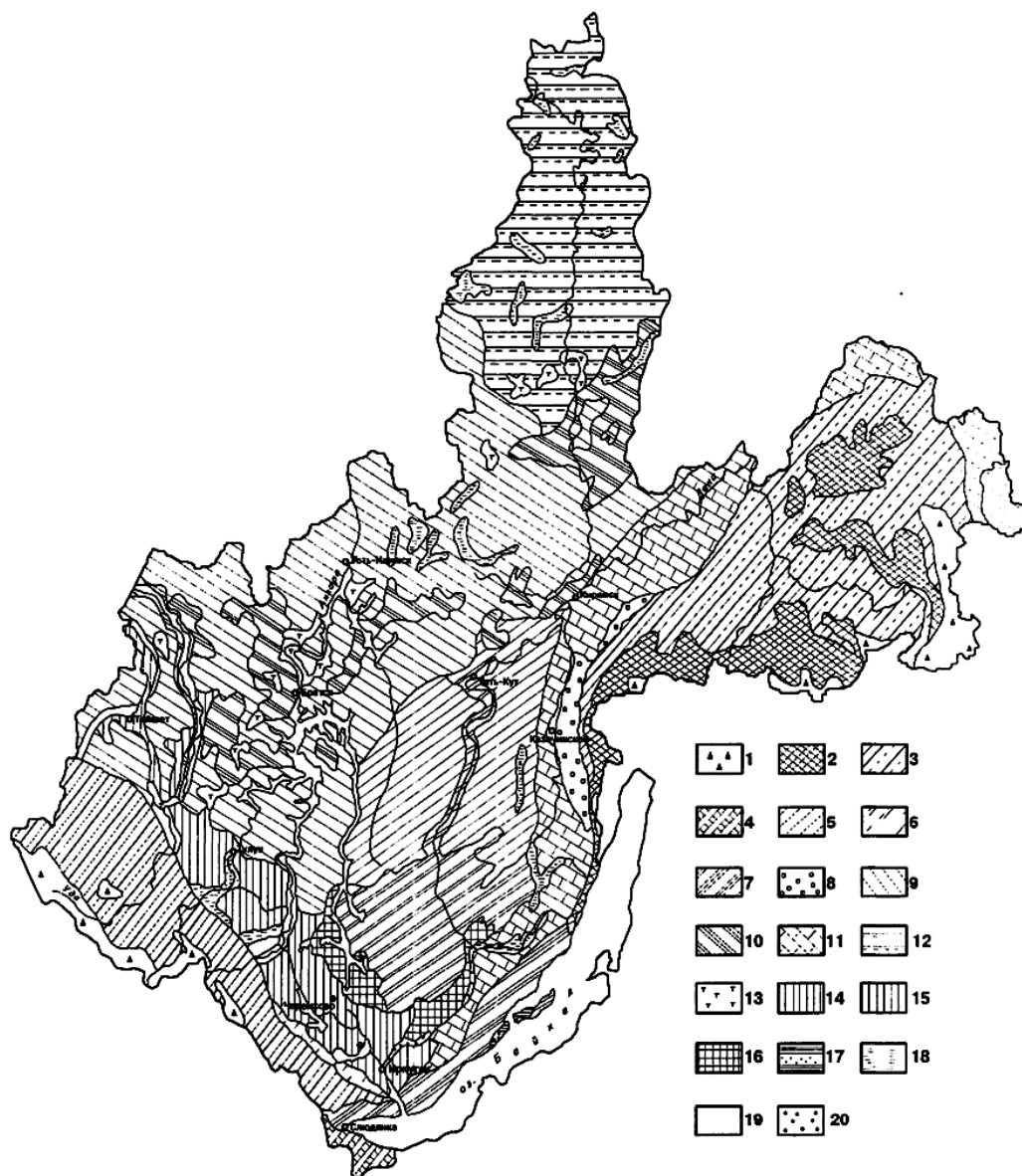


Рисунок 2 – Почвенная карта Иркутской области (В.А. Кузьмин, 1979)

Почвы гор и высокого плато: 1 – тундровые с обнажениями горных пород; 2 – подбуры (горно-лесные перегнойные), подзолистые; 3 – подзолистые, подбуры и торфянисто-перегнойные мерзлотные; 4 – буроземы и подзолистые; 5 – подзолистые и дерново-подзолистые на осадочных бескарбонатных породах; 6 – дерново-карбонатные и дерново-подзолистые, подстилаемые преимущественно красно цветным и карбонат но-силикатными породами; 7 – дерновые лесные и дерново-подзолистые. Почвы равнин, предгорий и низкого плато: 8 – дерново-подзолистые и подзолистые суглинистые валунно-галечниковые; 9 – подзолистые, дерново-подзолистые и дерновые лесные суглинистые щебнистые; 10 – дерново-карбонатные и дерново-подзолистые, подстилаемые преимущественно красноцветными карбонатно-силикатными породами; 11 – дерново-карбонатные и дерново-подзолистые, подстилаемые преимущественно известняками и доломитами; 12 – подбуры, мерзлотно-таежные и подзолистые супесчаные и суглинистые щебнистые; 13 – дерновые лесные железистые суглинистые щебнистые; 14 – серые лесные и дерново-подзолистые суглинистые; 15 – серые лесные и черноземы выщелоченные глинистые и суглинистые; 16 – черноземы обыкновенные и дерново-карбонатные глинистые и суглинистые; 17 – каштановые супесчаные и суглинистые щебнистые; 18 – болотные; 19 – аллювиальные и луговые песчаные, супесчаные и суглинистые; 20 – засоленные.

Основными почвообразующими породами в зоне степей являются продукты осадочных пород, чаще лессовидных пролювиально-делювиального и аллювиального происхождения.

Почвенный покров остепненной зоны представлен черноземами, каштановыми, солончаковыми, солонцовыми почвами, а под лесами развиты дерново-карбонатные и дерново-лесные почвы.

Таблица 2 – Типы почв пахотных земель Иркутской области (по данным института «Росгипрозем»)

Наименование почв	Площадь, тыс.га	Удельный вес, %	
		во всех почвах	в данном типе
Серые лесные	854,6	47,7	100
в том числе: светло-серые	86,8	-	10,2
серые	406,4	-	47,6
темно-серые	361,4	-	42,2
Дерново-карбонатных	634,7	35,5	-
Черноземы	132,7	7,4	-
Лугово-черноземные	57,9	3,2	-
Луговые	29,0	1,6	-
Пойменные	42,9	2,4	-
Дерново-подзолистые	33,6	1,9	-
Прочие	4,4	0,3	-
Всего пашни	1789,8	100	-

**Подтаёжно-таежная зона.** К подтаёжно-таёжной зоне относятся северные сельскохозяйственные районы области, расположенные вдоль Тайшетско-Ленской железнодорожной магистрали, западного участка БАМ и верховье реки Лены. В эту зону входят Нижнеудинский, Тайшетский, Чунский, Усть-Илимский, Нижнее-Илимский, Качугский, Жигаловский, Усть-Кутский, Казачинско-Ленский, Киренский районы. Территория характеризуется недостаточной теплообеспеченностью сельскохозяйственных культур. Годовая сумма осадков равна 350-450 мм, из них в период вегетации выпадает 200-250 мм. В зоне распространены серые лесные, дерново-карбонатные и дерново-подзолистые почвы. Небольшие ареалы занимают дерновые лесные почвы, мерзлотно-таёжные и болотные почвы.



### 2.3. Характеристика почв Иркутской области

**Серые лесные почвы** формируются под сосновыми, лиственнично-сосновыми и мелколиственными травяными лесами на четвертичных осадках, генетически связанных с юрскими песчаниками.

По мнению О.В. Макеева (1959) и В.А. Кузьмина (1988) эти почвы образовались из дерново – слабоподзолистых почв под воздействием смены таежной растительности на лесостепную.

По содержанию гумуса в перегнойном горизонте в типе серых лесных почв выделяются три подтипа: светло-серые, они содержат до 3%, серые – 3-5%, темно-серые – более 5% гумуса. Наибольшее распространение имеют серые почвы, которые на распаханых территориях приурочены к верхним и средним частям склонов, сменяясь ниже темно-серыми. Светло-серые приурочены к вершинам увалов и верхней части склонов.

Отличительной особенностью серых лесных почв является хорошо выраженная зернисто-комковатая структура. По механическому составу преобладают тяжелосуглинистые и среднесуглинистые почвы.

По мнению Л.Л. Калеп (1970), темно-серые лесные почвы характеризуются высоким эффективным плодородием. Для них характерна слабокислая реакция почвенного раствора. В зависимости от почвообразующей породы величина рН колеблется от 5,5 до 7,0. Почвы обладают высокой суммой поглощенных оснований – 30-60 мг-экв. на 100 г почвы и имеют высокую насыщенность почв основаниями – до 95%.

Серые лесные почвы характеризуются средним неустойчивым плодородием. Они имеют слабокислую или близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора, содержание поглощенных оснований равно 20-40 мг-экв на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 2-4 мг-экв, степень насыщенности основаниями 80-90%.

Характер агропроизводственных свойств светло-серых почв позволяет считать их плодородие низким и неустойчивым. Светло-серые почвы содер-

жат гумуса обычно менее 3%, сумму поглощенных оснований 10-20 мг-экв на 100 г почвы. В связи с этим для них характерна низкая степень насыщенности почв основаниями – 80-85%.

В серых лесных почвах состав гумуса гуматный в перегнойных горизонтах, где соотношение  $C_{гк} : C_{фк}$  равно 1,5-2,1 и фульватный в нижней части профиля почвы. Валовое содержание азота в серых лесных почвах составляет 0,22-0,35%, фосфора 0,17-0,22 и калия 2,1-3,2%. Содержание подвижного фосфора и калия в пределах средней обеспеченности (фосфора до 15-28 мг на 100г почвы, калия 10-15 мг на 100 г почвы). Однако встречаются серые лесные почвы малообеспеченные фосфором и калием.

Агропроизводственные свойства темно-серых лесных почв весьма благоприятны. На этих почвах можно получать достаточно высокие урожаи зерновых, зернобобовых, кормовых культур и картофеля.

**Дерново-карбонатные почвы** распространены в южной части Лено-Ангарского плато, на Онотской возвышенности, в Прибайкальской впадине и в Присяянье (Кузьмин, 1988). Распространение дерново-карбонатных почв на территории области сопряжено с выходами на поверхность карбонатных, красноцветных карбонатно-силикатных пород, широко распространенных на юге Восточной Сибири. В связи с этим такие почвы встречаются во всех зонах области. Дерново-карбонатные почвы распространены на водоразделах верхних и средних частях склонов под сосновыми, лиственными лесами с травяным покровом. Почвообразующими породами являются элювиальные, делювиальные четвертичные суглинки и глины, генетически связанные с карбонатными отложениями верхнего и нижнего кембрия. Почвы характеризуются трехчленным строением (А,В,С) профиля и в зависимости от глубины залегания карбонатов и дифференцированности профиля делятся на типичные, вскипающие в горизонте А или с поверхности, выщелоченные, вскипающие глубже гумусового горизонта и оподзоленные, вскипающие от 10% НСІ в нижней части профиля и имеющие элювиальный горизонт. По механическому составу большинство дерново-карбонатных почв глинистые и тяже-

ло суглинистые и обладают высокой влагоемкостью. Содержание гумуса в лесных дерново-карбонатных почвах высокое – 7-10% (Надеждин, 1961), иногда до 13%, на глубине 20-30 см снижается до 1-3%. В пахотном горизонте содержится от 4 до 10% гумуса и 0,2-0,4% валового азота. По классификации Иркутского института «Росгипрозем», дерново-карбонатные почвы делятся на малогумусные, содержащие 2-3% гумуса, среднегумусные – 3-5 и высоко гумусные – более 5% гумуса. Почвы характеризуются высоким содержанием гуминовых кислот. В составе гумуса отношение  $C_{гк} : C_{фк} = 1,5-3,2$ . (Макеев, 1959).

В пределах подтипов лучшими считаются высокогумусные мощные виды. Они содержат 5-10% гумуса, 0,3-0,5% валового азота, 0,2-0,3% фосфора, 2,5-3,5% калия, обменных оснований до 50 мг-экв. на 100 г почвы. Малогумусные почвы содержат 2-3% гумуса, до 20 мг-экв на 100 г почвы обменных оснований. По сравнению с высокогумусными они обладают худшими агрофизическими свойствами: плотным сложением, малой общей порозностью, наличием в профиле почвы щебня и карбонатных пород.

Реакция почвенного раствора дерново-карбонатных почв в большинстве случаев слабощелочная или нейтральная. Только у оподзоленных и глубоко выщелоченных почв реакция верхних горизонтов может быть слабокислой (рН-5,5-5,8). Содержание подвижного фосфора в почвах неодинаково. Так, дерново-карбонатные типичные почвы, имеющие свободные углесолы в профиле, характеризуются низкой обеспеченностью подвижным фосфором, а дерново-карбонатные выщелоченные средне обеспечены (9,0-22,0 мг-экв на 100г почвы). Обеспеченность дерново-карбонатных почв подвижным калием неоднородная (от низких до высоких величин – 20-29 мг-экв на 100г почвы).

По агропроизводственным свойствам дерново-карбонатные почвы относятся к одним из лучших осваиваемых почв. Эти почвы, как указывалось, сформировались на элювии и делювии красноцветных пород и отличаются устойчивой структурой и противостоят скорому выпахиванию и истощению, быстро поддаются окультуриванию и после освоения становятся более пло-

дородными. Эффективное плодородие этих почв снижается из-за недостатка влаги в начале вегетации сельскохозяйственных культур.

**Черноземные почвы.** В целинном состоянии черноземов осталось очень мало, большая часть их распахана.

Чаще всего черноземы приурочены к древним террасам и пологим склонам водоразделов, отдельными небольшими участками они встречаются на более крутых южных склонах. Основными почвообразующими породами черноземов служат лессовидные суглинки и супеси.

Среди подтипов черноземов преобладают выщелоченные, обыкновенные и южные.

Выщелоченные черноземы характеризуются значительной мощностью гумусового горизонта – 40-60 см, окраска его темно-серая, структура комковато-зернистая, в пашне чаще пылевато-комковатая. Выделяется переходный горизонт с засеками и языками. Гумусовый горизонт сменяется неравномерно окрашенным в желтовато-коричневые тона бескарбонатным горизонтом. Глубина залегания карбонатов в среднем 70 см и варьирует в зависимости от механического состава: на более легких почвах вскипание может быть ниже по профилю почвы. Для карбонатного горизонта характерны новообразования в виде псевдомицелия (белые прожилки углесолей). Карбонатный горизонт постепенно переходит в более рыхлую материнскую породу.

Содержание гумуса в выщелоченном черноземе высокое – 7-12%, особенно в верхнем слое гумусового горизонта. В легких по механическому составу почвах содержание гумуса достигает 5%. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты. На средних и тяжело суглинистых почвах сумма обменных оснований достигает 60 мг-экв на 100г почвы, на легких – 30-40 мг-экв. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, с глубиной она возрастает до слабощелочной.

Обыкновенные черноземы имеют меньшую мощность гумусового горизонта и более низкое содержание гумуса – 6-8%. Отчетливо выделяется карбонатный горизонт.

Южные черноземы по количеству гумуса приближаются к черноземам обыкновенным, мощность гумусового горизонта достигает 30 см. В составе поглощенных оснований присутствует натрий, реакция почвы слабощелочная. Вскипание в гумусовом горизонте на глубине 5-10 см от поверхности. Для южных черноземов характерны признаки солонцеватости, они уплотнены, имеют столбчатую структуру.

В поясе горной тайги на крутых южных склонах встречаются небольшие участки (1-2 га) маломощных горных черноземов, легкого механического состава, как правило, щелочистых. Горные черноземы обладают небольшой мощностью гумусового горизонта – до 20 см, с содержанием гумуса от 2 до 7%, с суммой обменных оснований 15-25 мг-экв на 100 г почвы, реакция их нейтральная. Считается, что это реликтовые остатки степей, площадь их сокращается за счет наступления леса.

По данным Б.В. Надеждина (1961), наличие длительной сезонной мерзлоты обуславливает специфику сибирских черноземов: маломощность гумусового горизонта и повышенное содержание органического вещества. Для всех подтипов черноземов Иркутской области характерны более высокие запасы азота в сравнении с восточно-европейскими черноземами и более низкое содержание фульвокислот в составе гумуса.

Следует отметить еще одну особенность почвообразования в Предбайкалье. Криогенные процессы, имевшие место в прошлом, привели к формированию бугристо-западного микрорельефа. При обработке почвы происходит механическое выравнивание бугров. Поверхность почвы приобретает пеструю окраску за счет чередования светлых и темных участков, хорошо наблюдаемых весной при отсутствии растительности. Светлые пятна вскипают с поверхности и рассматриваются почвоведомы как горизонт В- карбонатный.

Существует мнение, что западины формировались за счет вытаивания линз льда и заполнения пустот почвенным материалом, а бугры – остатки древних отложений. Естественная эрозия приблизила к поверхности древние отложения и они стали вовлекаться в пахотный слой. Таким образом, светлые

пятна на пашне представляют карбонатные горизонты палеопочв, возраст которых более 25 тыс. лет. Светлые пятна имеют низкое плодородие, обладают щелочной реакцией, бесструктурностью, сухостью.

Указанные явления характерны и для других типов почв Иркутской области.

**Лугово-черноземные почвы** формируются на нижних частях склонов и в ложбинообразных понижениях. В сравнении с черноземами они сформировались в условиях повышенного увлажнения.

Растительность представлена луговым разнотравьем, иногда с участием степных видов. Травяной покров хорошо развит, поэтому в почву поступает большая масса органического вещества. Отсюда значительная мощность гумусового горизонта, достигающая 100 см. Средняя мощность горизонта 60 см. Содержание гумуса в среднем 9%, максимальное 15%. Сумма обменных оснований 60-70 мг-экв на 100 г почвы. Реакция почвенного раствора слабокислая или близкая к нейтральной. Эти почвы преимущественно карбонатные, иногда засоленные.

Несмотря на высокое содержание гумуса, среди лугово-черноземных почв встречаются бесструктурные почвы. Местное название таких почв «пыхуны». Бесструктурность этих почв объясняется неблагоприятными условиями для процессов структурообразования. К ним относятся: бедность пыхунов активными коллоидно-дисперсными минералами, специфический состав гумуса и низкое содержание в нем деятельного перегноя, преобладание в механическом составе фракции крупной пыли.

Лугово-черноземные почвы обладают неблагоприятными физическими свойствами, они холодны, поэтому более рационально использовать их в кормовых севооборотах.

**Каштановые почвы** на территории Иркутской области имеют ограниченное распространение и приурочены к юго-восточному склону Приморского хребта, Приольхонью и о. Ольхон.

Каштановые почвы формируются в наиболее засушливых условиях

степи под изреженной растительностью. Почвообразующие породы различны по составу и содержат слабоизмененные обломки пород.

Профиль каштановых почв четко выражен. Горизонт А серовато-коричневой или коричнево-бурой окраски, рыхлый. Горизонт В белесовато-палевый, карбонатный. Карбонаты отмечаются на нижней границе, гипсовый горизонт отсутствует. Последний показатель этих почв отличает их от аналогичных почв европейской части России.

Каштановые почвы имеют легкий механический состав, поэтому отличаются высокой степенью аэрации и низкой влагоемкостью. Содержание гумуса 2-3%, в составе гумуса преобладают фульвокислоты. Емкость поглощения 10-20 мг-экв на 100г почвы и зависит от количества гумуса и механического состава. Реакция почвенного раствора щелочная.

Низкие запасы гумуса, низкая емкость поглощения, высокая карбонатность, щебнистость этих почв при малых запасах доступной влаги обуславливают невысокое естественное плодородие. Поэтому эти почвы используются главным образом под пастбища.

**Болотные почвы** встречаются на пониженных элементах рельефа: по падам и речным долинам во всех зонах области. Среди болотных почв встречаются торфянисто-глеевые, перегнойно-торфянисто-глеевые, торфяно-болотные низинные, лугово-болотные, аллювиально-лугово-болотные. Среди них преобладают обычные, карбонатные, солончаковатые роды. Карбонатные и солончаковатые болотные почвы формируются на отложениях, богатых карбонатами и имеют слабощелочную реакцию почвенного раствора. В районах распространения бескарбонатных отложений болотные почвы не засолены и имеют кислую и слабо кислую реакцию.

К особенностям торфяников, по данным М.А. Корзуна (1979) относятся: сильная минерализация, низкая обеспеченность доступными формами азота и фосфора, накопление водорастворимых солей.

**Дерново-подзолистые почвы** занимают наибольшие площади Тайшетского, Киренского районов подтаежно-таежной зоны, Зиминского, Брат-

ского районов лесостепной зоны. Небольшими ареалами эти почвы встречаются во всех зонах области. Как указывалось, эти почвы занимают небольшой удельный вес в пахотных угодьях области, однако в будущем можно ожидать увеличение доли дерново-подзолистых почв за счет освоения лесных массивов.

Дерново-подзолистые почвы развиваются под светло-хвойными (лиственнично-сосновыми), иногда с примесью березы, травяными, мохово-травяными лесами на различных типах отложений и элювии-делювии пород, среди которых наиболее распространены карбонатные и бескарбонатные красноцветные песчаными, аргиллиты, доломиты, известняки, юрские песчаники, граниты, сланцы, траппы.

Дерново-подзолистые почвы четко дифференцированы на генетические горизонты: под подстилкой залегает дерновый горизонт  $A_1$ , ниже эллювиальный  $A_2$  – белесый с плитчатой структурой, под горизонтом  $A_2$  расположен горизонт  $A_2B$  – серовато-коричневого цвета, с плитчато-ореховатой структурой, затем идет горизонт  $B$  с ореховой структурой, который переходит в материнскую породу.

Механический состав почв разнообразен: от тяжелого суглинка до супеси, однако преобладают средне - суглинистые почвы. Содержание гумуса в верхних горизонтах составляет 6-8%, но резко падает с глубиной, а в распашанных почвах содержание гумуса около 2%. В дерновом горизонте состав гумуса гуматно-фульватный, т.е. гуминовые и фульвокислоты находятся в одинаковом соотношении ( $C_{гк} : C_{фк} = 1 : 1$ ), в эллювиальном и нижних горизонтах состав гумуса фульватный. Мощность гумусового горизонта менее 20 см.

По сравнению с другими типами почв, дерново-подзолистые почвы характеризуются низким естественным плодородием, они менее обеспечены элементами минерального питания: азотом, фосфором и калием.

Для дерново-подзолистых почв характерна маломощность гумусового горизонта, резкое падение содержания гумуса по профилю почвы, низкое со-



держание обменных оснований, кислая реакция почвенного раствора.

**Дерново - лесные почвы.** Это название в качестве типа почв для юга Средней Сибири было введено О.В. Макеевым (1959). Их происхождение он связывает прежде всего с богатством пород основаниями и первичными минералами. По мнению Б.В. Надеждина (1961), формирование дерново-лесных бурых (неоподзоленных) почв обусловлено тем, что кроме влияния почвообразующих пород большое значение имеет растительный покров. Дерновые лесные почвы сформировались под пологом травяных кустарниковых лесов. Их образование, таким образом, связано со всей совокупностью условий почвообразования. На плато и в горах они формируются на различных породах, занимая нижние части склонов. Кроме типичных почв выделяются подтипы оподзоленных и остепненных. Наиболее характерные почвы развиваются на продуктах выветривания галечников. Выделены роды: остаточнокarbonатные, бескарбонатные и железистые (на породах с высоким содержанием железа).

Профиль почвы четко подразделяется на генетические горизонты: подстилку ( $A_0$ ), гумусово-аккумулятивный горизонт ( $A_1$ ), переходные горизонты ( $B_1B_2$ ), почвообразующую породу ( $C_1$ ) и подстилочную ( $D_2$ ). Профиль почвы характеризуется небольшой мощностью гумусового горизонта, защебненностью. Элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы не выражена. Реакция почвы колеблется от слабокислой в верхней части профиля до слабощелочной в нижней. Сумма обменных оснований 30-40 мг-экв на 100 г почвы. В составе обменных оснований преобладает кальций. Содержание гумуса на глубине 5 см достигает 6-7% и довольно резко убывает по профилю почвы. Состав гумуса в верхнем горизонте ( $A_1$ ) фульватно-гуматный, в нижележащих гуматно-фульватный.

В основном дерновые лесные почвы имеют маломощный профиль, малогумусны и соответственно низкие агропроизводственные свойства.

**Мерзлотно-таежные почвы** формируются под мохово-кустарниковой и травяно-мохово-кустарниковой листовиничной с примесью сосны тайгой на

элювии-делювии траппов, песчаников, сланцев, карбонатных пород.

В образовании мерзлотно-таежных почв большую роль играют криогенные процессы. Многолетняя мерзлота оказывает влияние на водный и тепловой режимы почв, их биологические и физико-химические свойства. Характерными чертами мерзлотно-таежных почв является: малая мощность почвенного профиля, невыраженность процессов оподзоливания, замедленность биологического круговорота веществ.

Мерзлотно-таежные почвы имеют слабо дифференцированный профиль. Содержание гумуса 3-5% и вниз по профилю уменьшается постепенно. Гумус фульватный. Реакция всего профиля кислая.

Среди мерзлотно-таежных почв выделяют: мерзлотно-таежные кислые, оподзоленные, имеющие осветленный горизонт в верхней части профиля почвы, мерзлотно-таежные остаточно-карбонатные и ожелезненные.

Агропроизводственные свойства мерзлотно-таежных почв низкие.

**Солончаки** распространены по нижним террасам речных долин, днищам падей под изреженным травостоем, представленным галофитными видами. Они образуются при наличии соленосных пород или минерализованных грунтовых вод в засушливых условиях степи.

По характеру засоления солончаки подразделяются на сульфатные, хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридные. Наибольшее распространение получили первые два рода.

Породообразующие породы аллювиально-делювиальные суглинки, гажевые отложения. Гажа-мучнистая, рыхлая горная порода белого или белесовато-палевого цвета. В её составе 80-90% гипса.

Содержание воднорастворимых солей в солончаках отмечается в широких пределах: от 0,4 до 5%. Максимум солей отмечается в верхней части профиля почвы.

**Солонцы** имеют также ограниченное распространение, они образуются и встречаются в комплексе с черноземами и лугово-черноземными почвами по древним террасам рек. Почвообразующими породами солонцов явля-

ются четвертичные отложения тяжелого механического состава.

Солонцы содержат большое количество гумуса (до 15%) и обменных оснований. В составе обменных оснований отмечается узкое отношение обменного кальция и магния, что вызвало предположение о влиянии магния на солонцеватость. Реакция почвы слабощелочная. В солонцах имеет место значительное содержание воднорастворимых солей. В профиле имеется гипсовый горизонт. Засоленные почвы характеризуются низким плодородием и используются под сенокосы и пастбища.

### 3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЕВОДСТВА ОБЛАСТИ

#### 3.1. Структура посевных площадей и урожайность сельскохозяйственных культур

Структура посевных площадей как основная составная часть системы земледелия, характеризующая насыщенность её продовольственными, кормовыми и средообразующими культурами, положительно влияющими на плодородие почв, в последние годы характеризовалась следующими показателями:

Таблица 3 – Структура посевных площадей в Иркутской области

Показатели	2012		2013	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Всего пашни	890,0	100,0	1621	100
Чистые пары	217,0	27,1	235,8	14,5
Всего посевов	673,0	75,1	663,0	40,9
Зерновые культуры	403,0	45,2	398,9	60,1
Картофель	60,0	6,7	41,3	6,2
Кормовые культуры	74,0	8,3	213,8	32,2
Однолетние травы	-	-	60,0	28,0
Многолетние травы	217,0	27,1	130,7	61,1
			Залежь 482,0	

Анализ посевных площадей свидетельствует о том, что за последние годы происходит снижение общей площади посева, посевов зерновых и зернофуражных культур, кормовых культур. Снизилась площадь чистых паров – основных опорных в севооборотах предшественников для зерновых культур. Расчеты показывают, что зерновые на площади 100-120 тыс. га размещаются повторно после зерновых культур. Вызывает тревогу и то обстоятельство, что уменьшается площадь многолетних трав – средообразующих культур в системе зональных севооборотов.

В последние годы были достигнуты следующие показатели урожайности сельскохозяйственных культур.

Таблица 4 – Урожайность сельскохозяйственных культур Иркутской области в 2011-2013 гг.

Культуры	Годы		
	2011	2012	2013
Зерновые культуры	16,0	17,1	20,1
Картофель	154,0	150,0	138,6
Кукуруза	202,0	212,4	137,6
Однолетние травы:			
сено	12,0	16,8	10,3
зеленый корм	56,0	75,0	64,0
Многолетние травы беспокровные:			
сено	10,0	10,6	10,3
силос, зеленый корм	23,6	60,8	-
Многолетние травы прошлых лет:			
сено	9,7	11,4	11,7
зеленый корм	42,0	160,0	45,3

Показатели урожайности сельскохозяйственных культур показали, что в анализируемые годы отмечается рост урожайности зерновых культур и многолетних трав.

### 3.2. Состояние и причины снижения плодородия почв

Таблица 5 – Плодородие почв земель сельскохозяйственного назначения

Наименование показателя	Ед. изм.	1990 г.	1995 г.	2005 г.	2012 г.
Наличие почв с низким содержанием гумуса	тыс. га	467,9	509,8	570,7	706,0
	%	40,9	45,0	56,0	69,2
Наличие кислых почв	тыс. га	404,2	450,3	461,1	531,5
	%	36,9	39,8	45,3	52,1

Представленные данные свидетельствуют о том, что в системе использования пахотных земель в последние годы отсутствуют научно-обоснованные мероприятия по сохранению плодородия почв. Это привело к ускорению деградации почв и снижению основных показателей их плодородия.

Среди причин, вызывающих потери гумуса в почвах области главными являются:

1. Смена естественного фитоценоза агрофитоценозом в результате хозяйственного освоения почв из-под леса, луга, пастбища, залежи;
2. Нарушение технологии освоения новых земель;
3. Примитивность применяемой системы земледелия и севооборотов, высокая насыщенность их зерновыми, пропашными культурами, отсутствие в применяемых системах агроэкономически обоснованных и доступных для широкого внедрения мероприятий по гумусному равновесию, в первую очередь, многолетних бобовых трав и сидератов;
4. Эрозия и дефляция почв, сопровождающаяся непрерывными потерями гумуса до тех пор, пока не будут остановлены эти процессы;
5. Недостаточное поступление в почву органических удобрений;
6. Разложение и биodeградация гумуса под влиянием физиологически кислых минеральных удобрений;
7. Усиление минерализации органического вещества в результате интенсивной обработки и повышенной степени аэрации почв;

8. «Захоронение» органического вещества при глубокой вспашке почвы;

9. Сжигание пожнивных остатков растений;

10. Резкое уменьшение массы растительных остатков, (корневых, поукосные, пожнивных), поступающих в почву при снижении удельного веса многолетних трав;

11. Активизация почвенной микрофлоры при применении удобрений;

12. Усиление минерализации гумуса при орошении и осушении.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что серые лесные почвы, находящиеся в целинном состоянии (лес) имеют достаточно высокое содержание гумуса (236,8 т/га). После их освоения и длительного хозяйственного использования (до 100 лет) почва утратила до 102,4 т. гумуса на каждом гектаре. Скорость потерь гумуса составляет свыше 1 т/год.

На дерново-подзолистых почвах потери гумуса после освоения их из-под леса составили свыше половины от исходного его содержания (76,6 т/га).

Таблица 6 – Изменение содержания гумуса в серых лесных почвах в результате их освоения и хозяйственного использования

Тип почвы	Глубина взятия образца, см	Содержание гумуса			
		почва в целинном состоянии		после освоения	
		%	т/га	%	т/га
Серая лесная	0-20	5,8	92,8	2,8	67,2
Итого	20-40	6,0	144,0	2,8	67,2
			236,8		134,4

Неокультуренные и вновь осваиваемые почвы отличаются высоким содержанием гемицеллюлозы, подвижностью гумуса и легко отдают запасы плодородия. Быстрое «сгорание» активной части органического вещества приводит к понижению плодородия почв уже через некоторое время после освоения.

Таблица 7 – Изменение содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах после их освоения

Тип почв	Глубина взятия образца, см	Содержание гумуса			
		почва в целинном состоянии, (лес)		после освоения	
		%	т/га	%	т/га
Дерново-подзолистая	0-10	13,5	87,7	1,8	21,6
	10-20	2,5	29,2	1,8	21,6
	20-30	1,8	24,5	1,8	21,6
Итого			141,4		64,8

Резкому уменьшению содержания гумуса в почвах способствовала практика одностороннего их хозяйственного использования (преимущественный посев зерновых и пропашных культур).

Уменьшению содержания гумуса в почвах способствовала также применяемая технология их освоения. При проведении корчевка пней и деревьев, последующей их трелевки, механизированной зачистки, сжигании валов потери гумуса достигала 50-60 т/га.

Традиционные подходы при разработке системы земледелия и севооборотов и их обосновании сводятся к поиску и размещению сельскохозяйственных культур по наилучшим предшественникам. Все предшественники при этом оцениваются, в первую очередь, по их способности улучшать водный и пищевой режимы почв и, во-вторых, интенсивности подавления сорной растительности. О гумусном же равновесии и мероприятиях по его осуществлению речь заходит в последнюю очередь. И, как следствие, в практике ведения сельскохозяйственного производства имеет место отрицательный баланс гумуса.

Возделываемые в области полевые культуры в различной степени влияют на динамику изменения плодородия почв. Степень влияния зависит от количества поступающих в почву органических остатков, с одной стороны, скорости и интенсивности их разложения – с другой.

Для примера, приводим расчет баланса гумуса по нормативным показателям. В трехпольном полевом севообороте, широко применяемом в области, он выглядит следующим образом:

В представленных схемах полевых севооборотов возделываемые культуры в целом снижают содержание гумуса в почвах.

Установленные количественные параметры снижения содержания гумуса (минерализация) в полях различных полевых культур и его повышение за счет поступления в почву корневых и пожнивных остатков (гумификация) позволяют осуществить контроль за динамикой его изменения. В трехпольном севообороте убыль гумуса за ротацию составила 2,5, в четырехпольном 2,05 т/га.

Таблица 8 – Баланс гумуса в полевом севообороте

№ поля	Схема полевого севооборота	Баланс гумуса, т/га	
		минерализация (-)	гумификация (+)
1	Пар чистый	2	-
2	Пшеница	0,5	0,2
3	Овес	0,5	0,3
Всего		-3	+0,5
Итого		- 2,5	

Известно, что при интенсивной обработке почвы происходит усиление процессов минерализации (разложения) гумуса и увеличение при этом легкодоступных питательных веществ. В поле чистого пара, например, накапливается до 100-120 кг легкодоступных для растений форм азотных соединений (нитратного и аммиачного азота). На формирование 30 ц. зерна пшеницы (при нормативе выноса с урожаем 1 ц 3,6 кг азота) из почвы извлекается 108 кг азота ( $30 \times 3,6$ ). Если учесть, что в составе гумуса содержится 5% азота, то убыль его при этом составит 2,16 т/га ( $108 \times 100/5$ ).



Таблица 9 – Баланс гумуса в четырехпольном севообороте

№ поля	Схема полевого севооборота	Баланс гумуса, т/га	
		минерализация (-)	гумификация (+)
1	Кукуруза	1,5	0,15
2	Пшеница	0,5	0,2
3	Однолетние травы	0,4	0,3
4	Ячмень	0,5	0,2
Всего		-2,9	+0,85
Итого		- 2,05	

Аналогичная картина наблюдается и по другим звеньям полевых и кормовых севооборотов.

Проведенный анализ современной системы земледелия области свидетельствует о том, что органическое вещество восполняется только на 35% от потребности.

Значительных масштабов достигла водная и ветровая эрозия почв. Пахотные земли в настоящее время подвержены эрозии на площади 683 тыс. га, что составляет 39,0% всей площади пашни.

Ввиду того, что в хозяйствах области не выполняется комплексная программа сохранения плодородия почв (освоение севооборотов с положительным балансом гумуса, противоэрозионные мероприятия, химическая мелиорация и др. мероприятия), происходит усиление дегумификации, подкисление и загрязнение почв. По данным ЦАС «Иркутский», за последние 15 лет запасы гумуса в почвах Иркутской области в среднем уменьшились на 0,75 т/га, или 0,3% ежегодно.

### 3.3. Научные основы системы земледелия

Современные системы земледелия должны быть высокоинтенсивными, максимально производительными, основанными на широком использовании всего лучшего и проверенного, что дали системы земледелия прошлого, современная сельскохозяйственная наука и передовая практика.

Разрабатываемые системы земледелия должны подчиняться основополагающим принципам современного земледелия:

1. Научности;
2. Комплексности;
3. Нормативности;
4. Адаптивности;
5. Допустимой интенсивности;
6. Почвозащитности;
7. Экологичности;
8. Экономичности;
9. Энерго-ресурсосбережения.

Научно-обоснованная система земледелия указывает основные пути повышения продуктивности земледелия и сохранения плодородия почв в данное время. При этом выделяются ведущие её элементы в их взаимосвязи и обусловленности, ограничивается роль второстепенных агромероприятий и малозначащих деталей. При таком подходе не затушевывается основное содержание системы и зональная специфика.

Для наиболее полного использования природных условий и на ослабление или полную ликвидацию отрицательных причин, лимитирующих продуктивность земледелия, современное сельскохозяйственное производство должно ориентироваться на сосредоточение всех имеющихся сил и материально – технических ресурсов

Разработанной системой земледелия определяется возможная продуктивность сельскохозяйственных культур, степень и характер воздействия человека на почву и её плодородие.

В современном земледелии появились новые и усовершенствовались такие средства воздействия на плодородие почвы, как разнообразные сидеральные, минеральные и бактериальные удобрения, обработка почвы на различную глубину, фитомелиорация, химические средства защиты посевов от сорняков, болезней и вредителей сельскохозяйственных культур и др.

Поставить правильный «диагноз» причин, сдерживающих величину урожая, и разработать соответственно этому мероприятия по их устранению – сложная задача. Она требует от научных работников изучения проблемы, руководителей и специалистов хороших знаний, опыта и определенного агрономического искусства.

Внешние причины, мешающие получению высоких и устойчивых урожаев в земледелии региона, могут быть различными. Часто они связаны с особенностями климата: недостатком или избытком осадков, неравномерностью их распределения, засухой, малоснежьем и суровыми морозами в зимний период, возвратом заморозков поздно весной и рано осенью; недостаточной продолжительностью безморозного периода, резкими колебаниями температуры, ливнями, градобитиями и т.д. Поэтому система земледелия должна разрабатываться с учетом этих особенностей. Не менее важное значение имеют причины, обусловленные особенностями почв, состоянием их плодородия и степенью окультуренности. Здесь, прежде всего, следует отметить такие показатели, как неблагоприятный механический состав почвы, малое содержание гумуса и лабильного органического вещества, резко пересяченный рельеф, близкий уровень грунтовых вод, неблагоприятная реакция почвенного раствора (кислотность или щелочность) и др.

Низкое плодородие почв может быть вызвано не только природными условиями, но и уровнем культуры земледелия. Истощенность почвы теми или иными элементами питания, кислотность, эрозийность, плохие физические свойства, малая мощность пахотного слоя, большая засоренность нередко непосредственно связаны с неправильной деятельностью земледельца.

Вследствие низкого содержания гумуса, нерационального применения физиологически кислых минеральных удобрений, выбросов промышленными предприятиями в атмосферу азота, серы и других соединений имеет место увеличение удельного веса почв с кислой реакцией среды.

Кроме непосредственного отрицательного влияния на рост, развитие растений, кислая реакция оказывает косвенное воздействие на урожай, по-

сколькo она повышает содержание токсичных веществ в почве, урожае и способствует связыванию фосфорных удобрений полуторными окислами.

Вследствие кислой реакции почвенного раствора уменьшается поступление в растения наиболее важных элементов питания – азота, фосфора, калия, кальция, магния, ценных микроэлементов, увеличивается поглощение марганца и алюминия, которые отрицательно воздействуют на уровень урожайности, ухудшается качество продукции.

Неудачи может вызвать непродуманная, необоснованная структура посевов, нарушение элементарной агротехники возделывания отдельных культур, повреждение растений вредителями и болезнями. Все эти обстоятельства должны тщательно учитываться и находить отражение при разработке общего агротехнического комплекса в системе земледелия.

Многие причины неудач могут носить лишь временный характер. Уже через сравнительно короткий срок после освоения системы земледелия иногда бывает трудно определить, какая же из причин является главной, поскольку факторы, находившиеся в минимуме, изменились и степень влияния приемов воздействия на них оказывается иными.

В зависимости от того, являются ли ограничивающие факторы постоянно действующими, как, например, засушливость, недостаток тепла, неблагоприятный рельеф и механический состав почвы и т.д., или же они носят временный характер (низкая гумусность, большая засоренность, кислотность почвы, заболоченность, малая мощность пахотного слоя и т.д.), комплекс приемов в системе земледелия, также набор культур и сортов в посевах будет меняться.

Ранее засоренные поля могут стать чистыми; истощенные и с неблагоприятной реакцией – богатыми необходимыми элементами питания и вполне пригодными для возделывания разнообразных культур; кислые заболоченные или засоленные – коренным образом улучшенными и т.д.

В одном случае ведущими приемами останутся те, которые постоянно обеспечивают защиту от неблагоприятных условий, в другом - необходи-

мость их применения с течением времени сведется к минимуму или отомрет. И на первый план выдвинутся другие, способствующие дальнейшему росту плодородия почвы и созданию лучших условий для получения высоких урожаев.

Система земледелия должна строиться на основе глубокого анализа и всестороннего учета природных и экономических условий сельскохозяйственного производства. Она не может быть единой, стандартной для всех природно-климатических зон и каждого хозяйства.

Говорить о каком-либо завершенном комплексе агротехнических приемов (в зоне или отдельном хозяйстве) можно лишь применительно к определенному времени, уровню развития техники и степени интенсивности ведения сельского хозяйства. В зависимости от состояния и динамики показателей плодородия почвы и особенно таких, как гумусность, строение и структура почвы, мощность пахотного слоя, его биологическая активность, реакция среды, наличие доступных форм азота, фосфора и калия, приемы земледелия будут приобретать различное значение и должны совершенствоваться.

## **4. ОСНОВЫ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ**

### **4.1 Химический состав растений**

В состав растений входят углерод, кислород, водород, азот, сера, фосфор, калий, кальций, магний, железо, бор, марганец, медь, цинк, молибден и некоторые другие элементы, в зависимости от условий местообитания растений.

Углерод, кислород и водород – основные элементы органических веществ, входящих в состав растения. Они составляют около 90% всей массы сухого вещества. Из органических соединений в составе растений преобладают углеводы. Поэтому соотношение между С, Н и О в растении очень близко к соотношению этих элементов в углеводах.

Среди основных веществ растений находятся также азот, входящий в состав белка, аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла; фосфор, имеющийся в составе нуклеиновых кислот и фосфатидов; сера, содержащаяся во всех растительных белках; магний, входящий в состав хлорофилла.

Эти семь элементов (С, О, Н, N, P, S и Mg) являются основным строительным материалом, за счет которого растения создают свой организм.

Все остальные химические элементы необходимы для нормального обмена веществ в растениях.

Функции каждого из элементов строго специфичны, и ни один из них не может быть заменен другим. Недостаток любого из них вызывает нарушение жизнедеятельности растительного организма и приводит к разрушению его органов и тканей.

Из всех зольных элементов в наибольшем количестве потребляется растениями калий, содержание которого в молодых органах растений составляет около 5% в пересчете на сухое вещество.

Содержание кальция в растениях в тех же условиях выражается примерно раз в десять меньшей величиной. Наличие в растении таких элементов, как марганец, бор, медь и цинк, не превышает тысячных или десятитысячных долей процента (на сухое вещество). Несмотря на это, содержание усвояемых форм отдельных микроэлементов в почве в ряде случаев недостаточно для нормального роста растений. Внесение в почву соответствующих микроэлементов оказывает большое влияние на урожай.

По мере старения растений интенсивность поступления в них азота и зольных элементов падает, хотя масса растения в результате фотосинтетического процесса непрерывно возрастает. Например, в зрелых растениях пшеницы среднее содержание N и K в сумме для зерна и соломы составляет соответственно 1,5 и 1%.

В составе растений обнаружены и многие другие химические элементы. В обычных условиях растения имеют в своем составе такие элементы, как натрий, хлор, кремний. В незначительных количествах обнаружены так-

же титан, алюминий, фтор, йод, мышьяк, кобальт, никель, литий, барий, радий и другие. Почти все химические элементы, встречающиеся в почве, могут быть обнаружены в составе растений.

Таблица 10 – Среднее содержание химических элементов в молодых растениях (в % к сухому веществу)

Химические элементы	Количество	Химические элементы	Количество
Углерод – С	42,1	Кальций – Са	0,6
Кислород – О	37,9	Железо – Fe	0,03
Водород – Н	5,5	Марганец – Mn	0,01
Азот – N	4,3	Бор – В	0,001
Сера – S	0,3	Медь – Cu	0,001
Фосфор – P	0,1	Цинк – Zn	0,002
Магний – Mg	3	Молибден – Mo	0,0002
Калий – К	5,5		

Таблица 11 – Химические элементы, положительно влияющие на отдельные растения

Химические элементы	Наличие по отношению к сухому весу растений
Натрий – Na	0,02 – 0,03% в большинстве растений. В свекле и некоторых других натриелюбивых растениях до 4%
Хлор – Cl	0,15 – 0,2% в обычных условиях и до 6 – 9% на засоленных почвах
Кремний – Si	0,1 – 0,6% (0,2 – 1,3% SiO <sub>2</sub> )
Титан – Ti	От 20 до 100 мг на 1 кг для большинства растений; накапливается главным образом в зеленых листьях
Алюминий – Al	Около 20 мг на 1 кг для большинства растений; иногда в значительных количествах накапливается в корнях
Фтор – F	От 10 до 100 мг на 1 кг сухого вещества растений
Йод – J	0,02 – 0,03 мг на 1 кг в обычных растениях; в больших количествах в бурых морских водорослях – 0,53% на сырой вес водорослей
Мышьяк – As	0,1 – 0,6 мг на 1 кг сухого вещества растений
Кобальт – Co	0,01 – 0,3 мг на 1 кг сухого вещества растений
Никель – Ni	0,03 – 2,0 мг на 1 кг сухого вещества растений
Литий – Li	До 100 мг на 1 кг (рапс, свекла, табак)
Барий – Ba	Содержится в растениях в весьма изменяющихся количествах, в зависимости от содержания бария в почве – от 20 – 30 до 1000 мг и более на 1 кг сухого вещества растений
Радий – Ra	Обнаружен в растениях в величинах порядка 10 <sup>-12</sup> – 10 <sup>-13</sup>

Некоторые из них оказывают благоприятное влияние на произрастание растений. Сюда относится, например, натрий, который играет важную роль в питании свеклы и необходим для нормального ее роста. Недостаток кобальта в почве хотя обычно и не сказывается на урожае растений, но вызывает заболевание скота при поедании им сена и других кормов, полученных на бедных кобальтом почвах, а при недостатке йода наблюдаются частые случаи заболевания людей базедовой болезнью (увеличение щитовидной железы).

#### 4.2. Потребность растений в питательных веществах

В продукции урожая отдельных видов растений содержится различное количество воды и питательных веществ.

Количество отдельных элементов в растениях подвержено значительным колебаниям, в зависимости от климатических, почвенных и агротехнических условий. Наиболее резкие колебания отмечены для азота в семенах и калия в соломе (или ботве). Например, по материалам, опубликованным в монографиях по биохимии культурных растений под общей редакцией Н.Н. Иванова, содержание азота в семенах колебалось в таких пределах (таблица 12).

Таблица – 12 Содержание азота в семенах сельскохозяйственных культур (в %)

№ п/п	Название культуры	Минимум	Максимум
1	Пшеница	1,6	4,15
2	Рожь	1,6	3,1
3	Овес	1,4	3,2
4	Ячмень	1,25	3,7
5	Кукуруза	1,3	2,3
6	Горох	3,9	6,0
7	Вика	3,9	5,7

Климатические условия оказывают существенное влияние на химический состав растений. По данным географических опытов Всесоюзного ин-



ститута растениеводства, содержание азота в зерне для одного и того же сорта яровой пшеницы (Лютесценс) в зависимости от места произрастания изменялось следующим образом.

Таблица 13 – Среднее содержание воды и питательных веществ в продукции урожая важнейших культур (в % к общему весу) (по данным ряда авторов)

№ п/п	Растения	Вода	N	Зола	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	Пшеница яровая:								
	зерно	14,3	3,40	2,32	0,60	0,06	0,05	0,22	0,85
	солома	14,3	0,67	3,48	0,75	0,06	0,26	0,09	0,20
2	Рожь озимая:								
	зерно	14,3	2,20	1,83	0,60	0,06	0,09	0,12	0,85
	солома	14,3	0,45	3,93	1,00	0,10	0,29	0,09	0,26
3	Рожь яровая:								
	зерно	14,3	2,50	1,93	0,60	0,06	0,05	0,20	0,92
	солома	14,3	0,56	4,20	0,75	0,06	0,40	0,12	0,20
4	Кукуруза:								
	зерно	14,4	1,91	1,23	0,37	0,01	0,03	0,19	0,57
	солома	15,0	0,75	4,37	1,64	0,05	0,49	0,26	0,30
5	Ячмень яровой:								
	зерно	14,3	2,10	2,55	0,55	0,10	0,10	0,16	0,85
	солома	14,3	0,50	4,49	1,00	0,50	0,33	0,09	0,20
6	Овес:								
	зерно	14,3	2,30	2,88	0,50	0,05	0,16	0,17	0,85
	солома	14,3	0,65	6,45	1,60	0,40	0,38	0,12	0,35
7	Просо:								
	зерно	14,0	1,85	2,97	0,50	-	0,10	-	0,65
	солома	16,0	-	3,80	1,59	0,07	0,13	0,05	0,18
8	Гречиха:								
	зерно	14,0	1,80	1,15	0,27	0,07	0,05	0,15	0,57
	солома	16,0	0,80	5,25	2,42	0,11	0,95	0,19	0,61
9	Горох:								
	зерно	14,3	4,50	2,63	1,25	0,02	0,09	0,13	1,00
	слома	16,0	1,30	3,91	0,50	0,18	1,82	0,27	0,35
10	Вика:								
	зерно	14,3	4,45	2,66	0,80	0,21	0,22	0,24	0,99
	солома	16,0	1,40	4,43	0,63	0,69	1,56	0,37	0,27
11	Подсолнечник:								
	семена	10,0	2,61	3,30	0,96	0,10	0,20	0,51	1,39
	целое растение	8,6	1,56	10,00	5,26	0,10	1,53	0,68	0,76
12	Рапс:								
	семена	11,8	3,50	3,76	1,00	0,06	0,41	0,34	1,80
	солома	16,0	0,70	4,77	1,00	0,39	2,00	0,21	0,25

13	Свекла кормовая:								
	корни	88,0	0,10	0,86	0,42	0,15	0,03	0,04	0,07
	ботва	90,5	0,30	1,51	0,23	0,50	0,16	0,14	0,08
14	Картофель:								
	клубни	75,0	0,32	0,97	0,60	0,02	0,03	0,06	0,14
	ботва почти зрелая	77,0	0,30	2,49	0,85	0,10	0,80	0,21	0,10
15	Турнепс:								
	корни	92,0	0,18	0,63	0,29	0,06	0,07	0,02	0,08
	ботва	89,8	0,30	5,2	0,28	0,14	0,39	0,05	0,09
16	Брюква:								
	корни	87,0	0,21	0,70	0,35	0,04	0,04	0,03	0,11
	ботва	88,4	0,34	2,02	0,42	0,08	0,65	0,08	0,20
17	Топинамбур:								
	корни	80,0	0,20	0,96	0,62	0,10	0,03	0,03	0,06
	ботва	80,0	0,60	1,80	0,31	0,02	0,50	0,13	0,07
18	Морковь кормовая:								
	корни	89,0	0,18	0,93	0,40	0,18	0,07	0,05	0,11
	ботва	82,0	0,34	3,10	0,60	0,20	1,50	0,15	0,08
19	Цикорий:								
	корни	80,0	0,25	0,67	0,26	0,10	0,05	0,03	0,08
	ботва	85,0	0,35	1,68	0,43	0,29	0,33	0,04	0,10
20	Сен луговое	14,3	1,70	7,48	1,80	0,22	0,95	0,41	0,70
21	Люцерна в начале цветения, сено	16,0	2,60	5,29	1,50	0,11	2,52	0,31	0,65
22	Красный клевер в цвету:								
	сено созревший	16,0	1,97	5,38	1,50	0,11	2,01	0,63	0,56
		15,0	1,25	4,62	1,20	0,14	1,58	0,69	0,44
23	Эспарцет в цвету, сено	16,7	2,50	4,91	1,30	0,15	1,68	0,63	0,46
24	Вика в цвету, сено	16,7	2,27	4,54	1,00	0,24	1,63	0,46	0,62
25	Тимофеевка, сено	16,0	1,55	5,91	2,04	0,11	0,49	0,20	0,70
26	Люпин зеленый, сырая масса	85,0	0,55	0,72	0,30	0,05	0,16	0,06	0,11
27	Горох зеленый, сырая масса	81,5	0,65	1,37	0,52	0,05	0,35	0,14	0,15

В условиях континентального климата юга, юго-востока и востока содержание азота в зерне пшеницы, ржи и других культур значительно выше, чем в более влажных западных и северо-западных районах.

Почвы юга и юго-востока (чернозем), с одной стороны, богаче усвояемым азотом, нежели подзолистые почвы западных и северо-западных районов, а с другой – недостаток влаги в условиях засушливого климата юга и

юго-востока ограничивает накопление углеводов в зерне злаков, вследствие чего количество белка (и соответственно азота) в зерне повышается.

В таблице 14, составленной по материалам, опубликованным в различных изданиях, даются средние величины процентного содержания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O и других веществ, типичных для основных массивов возделывания отдельных культур.

Таблица 14 – Примерный вынос N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O с урожаем различных растений (по данным ряда авторов)

Растения	Основная продукция	Отношение основной продукции к побочной (зерна к соломе, корней и клубней к ботве и т.п)	Вынос в кг на 1 т основной продукции		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пшеница яровая	-	1:1,6	47	12	18
Рожь Озимая	-	1:2,0	31	14	26
Овес	-	1:1,5	33	14	29
Ячмень	-	1:1,4	29	11	20
Просо	-	1:1,8	33	10	34
Кукуруза	-	1:2,0	34	12	37
Гречиха	-	1:1,5	30	15	40
Горох	-	1:1,5	66	16	20
Люпин	-	1:2,0	68	19	47
Вика	-	1:1,2	65	14	16
Картофель	Клубни	1:1	6,2	2,0	14,5
Клевер красный (в цвету)	Сено	-	19,7	5,6	15,0
Люцерна (в цвету)	-	-	26,0	6,5	15,0
Тимофеевка	-	-	15,5	7,0	24,0
Капуста белокочанная	Кочаны	-	3,3	1,3	4,4
Морковь столовая	Корни	-	3,2	1,0	5,0
Томаты	Плоды	-	2,6	0,4	3,6
Огурцы	-	-	1,7	1,4	2,6
Лук	Луковицы	-	3,0	1,2	4,0

В растительных организмах установлено присутствие большого количества микроэлементов.

В отношении ряда микроэлементов доказана безусловная их необходимость для роста и развития растений.

Таблица 15 – Среднее количество микроэлементов в растениях (в % на сырое вещество) (по Виноградову)

Микроэлементы	Количество	Микроэлементы	Количество
Железо	0,02	Цирконий	$<10^{-4}$
Кремний	$1,5 \cdot 10^{-1}$	Никель	$5 \cdot 10^{-5}$
Алюминий	$2 \cdot 10^{-2}$	Медь	$2 \cdot 10^{-4}$
Натрий	$2 \cdot 10^{-2}$	Цинк	$3 \cdot 10^{-4}$
Титан	$1 \cdot 10^{-4}$	Кобальт	$2 \cdot 10^{-3}$
Марганец	$1 \cdot 10^{-3}$	Бор	$1 \cdot 10^{-4}$
Сера	$5 \cdot 10^{-2}$	Свинец	$n \cdot 10^{-6}$
Фтор	$1 \cdot 10^{-3}$	Мышьяк	$3 \cdot 10^{-5}$
Хлор	$n \cdot 10^{-4}$	Цезий	$n \cdot 10^{-6}$
Литий	$1 \cdot 10^{-5}$	Молибден	$2 \cdot 10^{-6}$
Стронций	$n \cdot 10^{-4}$	Йод	$1 \cdot 10^{-5}$
Хром	$5 \cdot 10^{-4}$	Ртуть	$n \cdot 10^{-7}$
Ванадий	$1 \cdot 10^{-4}$	Радий	$n \cdot 10^{-14}$
Рубидий	$5 \cdot 10^{-4}$		

#### 4.3. Динамика поступления питательных веществ в растение

Поступление азота и зольных элементов в растение происходит неравномерно. В ранних стадиях химический состав растений характеризуется наиболее высоким содержанием азота и зольных элементов. В этот период растения особенно требовательны к условиям минерального питания.

Хотя потребление питательных элементов в ранних стадиях развития растений составляет небольшую величину, содержание их в почве должно быть достаточно высоким. Отсюда вытекает значение рядкового или гнездового внесения удобрений. Наибольшее поступление питательных элементов в растение совпадает с периодом наивысшего прироста массы листьев, как органов, наиболее богатых плазменным веществом.

Когда нарастание листовой массы заканчивается, поступление азота и зольных элементов в растение приостанавливается, и дальнейшее накопление органического вещества происходит в основном за счет реутилизации питательных элементов, накопленных в растении в предшествующие стадии. Ис-

ключение представляют бобовые, накопление азота в которых происходит и после прекращения роста листьев, почти в течение всего вегетационного периода, вплоть до созревания. Ход поступления фосфора и калия в бобовые полностью совпадает с ходом накопления азота.

Биологические особенности отдельных растений определяют характер поступления в них питательных элементов в течение вегетационного периода.

Поступление питательных элементов в злаковые растения, за исключением кукурузы, почти завершается к концу колошения, хотя к этому времени растения развивают не более 50-60% массы от конечного урожая. Озимая рожь уже в течение осеннего периода усваивает примерно 40-50% конечного содержания питательных элементов в урожае, в то время как вес сухой массы растений в этот период достигает всего лишь 10% конечного урожая.

Таблица 16 – Ход поступления питательных веществ в растения (накопление элементов питания в % от максимума)

Яровая пшеница (по Чижевскому)					
№ п/п	Фазы роста	Сухое вещество	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Кущение	2,7	6	4	7
2	Трубкавание	14,2	30	20	30
3	Колошение	62,0	71	68	88
4	Молочная спелость	97,0	100	100	100
5	Полная спелость	100,0	90	93	67
Озимая рожь (по Реми)					
№ п/п	Периоды роста	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Апрель	56		49	63
2	Май	77		78	92
3	Июнь	97		95	100
4	Июль	100		100	100
Ячмень (по Либшеру)					
1	Начало колошения	71		56	73
2	Цветение	96		74	100
3	Полная спелость	100		100	64
Овес (по Либшеру)					
1	Выбрасывание ме-	51		36	54

	телки					
2	Цветение	82	71	100		
3	Начало созревания	90	83	88		
4	Полная спелость	100	100	83		
Просо (по Шлезеру)						
1	3-4 листа	3	3	3		
2	Перед кущением	31	23	24		
3	Выбрасывание метелки	77	62	65		
4	Цветение	86	67	81		
5	Молочная спелость	100	100	100		
6	Полная спелость	100	91	87		
Кукуруза (по Чероти)						
1	Выход в трубку	15	6	12		
2	Начало цветения	36	15	30		
3	Полное цветение	60	15	53		
4	Образование початков	100	58	98		
5	Созревание	100	100	100		
Горох (по Беккер-Дилингену)						
№ п/п	Фазы роста	Сухое вещество	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	Начало цветения	30	40	30	60	
2	Полное цветение	80	100	66	100	
3	Созревание	100	100	100	83	
Клевер красный (по Беккер-Дилингену)						
1	Образование стебля	6	8	8	10	
2	Начало цветения	50	50	55	60	
3	Полное цветение	80	80	70	90	
4	Конец цветения	100	100	100	100	
Картофель (по Гусеву)						
№ п/п	Фазы роста	Сухое вещество		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		ботва	клубни			
1	Бутонизация	31,4	4,0	21,7	18,6	24,5
2	Цветение	100,0	31,4	41,7	72,0	70,5
3	Через месяц после цветения	91,0	55,0	89,0	100,0	100,0
4	Созревание	64,0	100,0	100,0	74,0	77,5
Свекла сахарная (по Душечкину)						
№ п/п	Даты роста	Сухое вещество		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	13 июня	-		0,5	0,5	1,0
2	22 >>	1,5		5,8	4,9	2,8
3	2 июля	7,3		20,1	16,4	15,6
4	13 >>	18,2		36,9	32,8	33,5
5	1 августа	40,3		56,3	60,8	44,7
6	18 >>	58,3		81,6	77,2	67,9
7	21 >>	-		93,1	100,0	100,0
8	31 >>	98,3		100,0	98,4	100,0
9	11 сентября	100,0		96,2	85,1	66,3

Томат (по Афанасьевой)					
№ п/п	Число дней от появления всходов	Сухое вещество	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	40	1	1	2	2
2	66	7	9	8	8
3	86	37	43	50	40
4	94	55	62	80	67
5	102	84	87	94	98
6	136	100	100	100	100
Капуста белокочанная (по Захряпиной)					
1	57	3	4	3	3
2	65	8	9	7	8
3	76	25	28	24	26
4	85	45	52	47	58
5	103	94	90	78	98
6	117	100	100	100	100

Поступление питательных веществ в кукурузу более растянуто. К началу цветения она накапливает только около 30-40% азота и калия и лишь 15% фосфора от конечного содержания этих элементов при ее созревании.

Конопля чрезвычайно интенсивно поглощает азот и калий в первый месяц вегетации. Практически поступление азота в коноплю завершается на четвертой неделе после появления всходов. Потребление калия несколько затягивается, а фосфор возрастает к концу вегетационного периода.

Наиболее интенсивное поступление питательных элементов в лен происходит до цветения и в начале цветения. Потребление же фосфора с неослабевающей интенсивностью происходит и в последующие фазы, вплоть до полного развития семян, когда вообще прекращается нарастание органического вещества льна.

Наиболее интенсивное поступление азота в хлопчатник совпадает со временем максимального нарастания вегетативных органов этого растения, интенсивное же потребление фосфора происходит и в более поздние сроки, во время усиленного плодообразования.

Равным образом и для рапса максимум в поступлении фосфора оттягивается к концу вегетационного периода, к моменту образования семян, наиболее же интенсивное потребление азота происходит в сравнительно ранние

сроки. Для всех масличных растений, характеризующихся сравнительно высоким содержанием фосфора в семенах, поступление его происходит в течение всего вегетационного периода, притом с высокой интенсивностью в момент формирования генеративных органов.

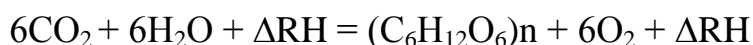
Растения, не образующие в год их возделывания генеративных органов (корнеплоды, кочанная и листовая капуста и др.), характеризуются растянутым периодом поглощения питательных элементов. Интенсивность поступления азота и зольных элементов в эти растения соответствует нарастанию листовой массы.

В конце вегетационного периода наблюдаются потери питательных элементов из растения. Эти потери обусловлены как отмиранием и опадением листьев, так и экзосмосом питательных элементов из старых растений.

## **5. АГРОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ**

### **5.1. Элементы «воздушного питания» - фотосинтеза: углерод, кислород, водород**

Схема продукционного процесса, фотосинтеза происходящего в листьях растений выглядит следующим образом:



где,  $\Delta R\text{H}$  – световая энергия;  $n$  – разное количество органического вещества.

**Углерод** составляет по весу 0,08% всей земной коры (включая атмосферу, гидросферу и литосферу). Литосфера (толща осадочных и изверженных пород) содержит 0,03% углерода. В 1 л атмосферного воздуха содержится 0,3 см<sup>3</sup> (0,03 объемного процента) CO<sub>2</sub>. По сравнению с этими малыми величинами значение углерода для растительного и животного мира несоизмеримо велико.



В результате жизнедеятельности растений и разложения органических веществ происходило накопление углерода в верхнем слое земной коры, о чем говорит содержание перегноя (гумуса) в почвах: подзол 1-4%, чернозем 4-15%, серозем 1-1,5%. Средний элементарный состав гумуса, растений и животных выражается следующими цифрами (таблица 17).

Таблица 17 – Весовые и атомные (в скобках) количества органоенов (в % от сухого вещества)

Показатели	С	О	Н	N	Зола
Гумус почвы	58 (39)	28 (14)	5,0 (40)	5,0 (2,9)	2-8
Растения (по Кнопу)	45 (27)	42 (19)	6,5 (48)	1,5 (0,8)	5,0
Животные (по Лоозу)	63 (30)	13,8 (5)	9,4 (54)	5,0 (2,0)	8,8

Аккумуляция растениями солнечной энергии с помощью хлорофилла (составляющего 0,6-1,2% от веса сухого листа) ведет к образованию сахаров:

$CO_2 + H_2O = 1/6 C_6H_{12}O_2 + O_2$  с увеличением свободной энергии системы на 120 калорий. Отношение поглощаемого  $CO_2$  и выделяемого  $O_2$  равно 1.

В виде растворимых сахаров углеводы передвигаются внутри растения и используются для синтеза всех его составных частей. Потенциальная энергия синтезируемых растениями органических соединений характеризуется количеством килокалорий, выделяемых при сгорании 1 г: клетчатки 4,2, крахмала 4,2, белка 5,7, жира 9,5.

Для изучения механизма фотосинтеза в последнее время применяются меченые атомы. Этим путем установлено, что выделяющийся при фотосинтезе кислород обязан своим происхождением не разложению двуокиси углерода, а фотолизу воды, водород которой участвует в синтезе углеводов. Образующаяся при этом из гидроксидов (ОН) воды нестойкая перекись водорода ( $H_2O_2$ ) разрушается ферментом каталазой с выделением кислорода и воды.

Концентрация  $\text{CO}_2$  в воздухе над растительным покровом колеблется в широких пределах – от 0,028 до 0,61 мг на 1 л, находясь в зависимости от суточной и годичной периодичности ассимиляции растениями  $\text{CO}_2$  и почвенного дыхания (выделения почвами  $\text{CO}_2$ ). Днем концентрация  $\text{CO}_2$  ниже, чем ночью, в июле ниже, чем в августе. Почвы в результате дыхания (диффузии и прямого газообмена  $\text{CO}_2$ ) обычно продуцируют с площади в 1 м от 5 до 7 л (10-14 г)  $\text{CO}_2$  в сутки, или около 5 кг в час с 1 га, тогда как хлебное поле (овес) связывает ежедневно в час около 15 кг  $\text{CO}_2$  на 1 га. В результате на неудобрённых полях в ярусе растений дефицит  $\text{CO}_2$  доходит до 58% от нормальной величины, что вызывает приток  $\text{CO}_2$  сверху вниз. На удобренном поле вблизи нижних листьев картофеля концентрация  $\text{CO}_2$  была найдена на 30% выше, чем вблизи верхних листьев. Минеральные соли, усиливая распад органических соединений в почвах, увеличивают продуцирование последними  $\text{CO}_2$  на 20-120%. Наиболее сильно действует навоз совместно с минеральными удобрениями.

Растворяясь при  $14^\circ$  в 1 л воды в количестве до 2 г,  $\text{CO}_2$  с транспирационным током воды (расход которой составляет 300-800 г на 1 г сухого вещества растений) поднимается в листья, где, так же как и  $\text{CO}_2$  воздуха, используется для фотосинтеза. Корни, однако, значительно больше (с участием ризосферных микроорганизмов) выделяют углекислоты, чем поглощают. На 1 г своего сухого вещества корни за вегетационный период выделяют от 3,5 до 4,5 г  $\text{CO}_2$ , что повышает растворимость фосфатов и других соединений в почве.

Обычная концентрация  $\text{CO}_2$  в воздухе пахотного слоя почвы около 0,3% (в 10 раз большая, чем в атмосфере), с углублением до 45 см возрастает до 1,5%. При отсутствии аэрации почвы (образование корки, заболачивание) содержание  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе может доходить до 3%, с уменьшением при этом концентрации кислорода, что действует отравляющим образом на растения.

Для большинства культур ассимиляция начинается от 0° и прекращается при 40°. Чем выше интенсивность света и концентрация CO<sub>2</sub>, тем выше температурный оптимум для фотосинтеза. Относительно низкие температуры содействуют накоплению листьями растворимых ассимиляторов, что повышает их морозостойкость, и, наоборот, утрата углеводов (например, при оттепелях) понижает эту устойчивость.

В отличие от аутотрофов, бесхлорофильные растения – гетеротрофы пользуются (как и животные) углеродом готовых органических соединений.

К последним относятся сапрофиты: грибы и бактерии, использующие для питания органические остатки живых организмов, а также паразиты, использующие соки живых растений (повилика, заразиха, возбудители грибных заболеваний и др.).

**Кислород** – наиболее распространенный элемент на земле, составляет по весу около половины (47,2%) земной коры, находясь в ней в соединении главным образом с кремнием. По объему O<sub>2</sub> занимает 21% атмосферы и по весу – 88% воды (H<sub>2</sub>O). Отличаясь высокой реакционной способностью, он легко входит в соединения с различными элементами. Присоединением кислорода осуществляется дыхание (процесс, обратный фотосинтезу), сопровождающееся выделением CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и тепла. При сжигании грамм-молекулы (180 г) глюкозы выделяется 674 калории.

Обратимая реакция  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightleftharpoons 6CO_2 + 6H_2O$  лежит в основе биологического цикла в природе трех органогенов: С, О и Н.

В отличие от дыхания энергетические процессы расщепления, протекающие без участия свободного кислорода, объединяются термином «брожение», которое именуется иногда «интрамолекулярным» или «анаэробным дыханием».

Необходимый для этого кислород черпается от соединений, подвергающихся при этом восстановлению.

Растения мало чувствительны к понижению парциального давления кислорода, они не замедляют заметно дыхания при уменьшении O<sub>2</sub> в атмо-

сфере до 1%. Большинство растений более чувствительно к содержанию  $O_2$  в почвенном воздухе. При недостатке кислорода поглощение солей падает быстрее, чем дыхание. Отсутствие кислорода вызывает выделение растворенных веществ из тканей. Соотношение обмениваемых газов  $O_2$  и  $CO_2$  при дыхании не так постоянно, как при фотосинтезе, и обычно несколько отклоняется от единицы.

Величина дыхательного коэффициента  $CO_2/O_2$  уменьшается, если наряду с окислением сахара происходит дополнительное потребление кислорода (например, при прорастании семян, усиленном росте). При истощении углеводов растение дышит, разрушая белки. Последние к тому же содержат меньше кислорода, чем углеводы, и поэтому требуют его больше для сжигания. Величина  $CO_2/O_2$  становится больше единицы, когда сжиганию подвергаются тела, богатые кислородом, например органические кислоты, или когда происходят восстановительные процессы, например образование жиров из сахара, сопровождаемое избыточным выделением кислорода в виде  $CO_2$ , и т. д.

Окислительно-восстановительные процессы зависят от внешних условий. С понижением температуры ослабляется дыхание и уменьшается дыхательный коэффициент, при этом увеличивается содержание в тканях кислорода и уменьшается количество углекислоты, накапливаются продукты неполного окисления, в частности органические кислоты.

Питание растений аммиачным азотом, в отличие от нитратного, усиливает в них восстановительные процессы, содействуя накоплению в растениях более восстановленных продуктов. Нитратная (окисленная) форма азота, усиливая окислительные процессы, действует в обратном направлении. Содержание в листьях табака лимонной кислоты по хлоридам выше, чем по сульфатам, что указывает на положительное значение хлора для окислительных процессов в растениях. Положительно проявляет себя магний, усиливающий восстановительные процессы в растительном организме.

Интенсивность дыхания определяется быстротой прохождения цикла взаимно связанных превращений азотистых веществ, углеводов и органических кислот.

С участием молекулярного или химически связанного кислорода происходит минерализация органического вещества, которая завершает, биологический круговорот питательных элементов, переводя их в состояние, доступное для растений.

**Водород**, в виде  $H_2O$ , углеводов и других водородистых соединений, составляет около 0,9% веса земной коры. Количество свободного водорода в атмосферном воздухе весьма мало (1 объем на 1500000 объемов). Водород составляет соответственно 6,5 и 9,4% сухой массы растений и животных, но по количеству атомов – 64% живого (около 50% сухого) вещества растений. Относительно небольшой удельный вес живого вещества связан главным образом с присутствием в нем водорода (отсутствие которого повысило бы вес растений в 2,5 раза, а животных еще более). В среднем составе сухого вещества растений количество атомов Н близко к сумме атомов С и О в соответствии с общей формулой углеводов:  $C_nH_{2n}O_n$ . Источником водорода для синтеза органических соединений является вода.

Водород наряду с кислородом принимает активное участие в сопряженных биологических процессах гидролиза и синтеза, окисления и восстановления. Окисление может осуществляться не только путем оксигенизации (присоединения О), но и дегидрированием (отщеплением Н), восстановление же – не только отщеплением О, но и гидрогенизацией (присоединением Н).

При диссоциации воды атом водорода, теряя электрон, приобретает положительный заряд. Ионы водорода определяют кислотность почв, а наличие их в составе поглощающего комплекса – степень ее ненасыщенности. Ионы Н по своей подвижности значительно превосходят ионы других электролитов. С этим в значительной мере связано их активное участие в обмене веществ в живых клетках, в процессах поступления анионов и катионов различных солей из питательной среды в растения.

## 5.2. Азот

### 5.2.1. Значение и источники азота

Азот входит в состав белка, чем, прежде всего и определяется его значение, как в растительном, так и в животном мире. Азот является также составной частью аминокислот, нуклеиновых кислот, фосфатидов, хлорофилла. Многие растения содержат и другие вещества, в состав которых входит азот, алкалоиды, азотсодержащие глюкозиды.

В геохимическом отношении азот представляет собой ярко выраженный атмосферный элемент, скопляющийся главным образом в воздушной оболочке земного шара: Количество азота в атмосфере составляет 75,3%.

Из-за химической инертности, азота 99% общего его количества на земном шаре (включая атмосферу) находится в виде не связанного в соединениях элемента. Во внутренних частях земного шара азот отсутствует.

Ископаемый органический азот содержится в каменных углях и битумах, сланцах в количестве от 0,5 до 1,5%. Значительное его количество имеется в нефти (до 2,7%). Естественными скоплениями неорганических соединений азота являются селитряные месторождения, встречающиеся главным образом в областях с сухим климатом (в Южной Америке-Чили, Средней Азии, на Кавказе, в Индии, Египте, Сахаре).

Среди всех питательных элементов, необходимых для нормального роста и развития растений, наибольшая роль принадлежит азоту. Он имеет решающее значение в образовании белков, аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла, липидов, фосфатидов, витаминов и других органических веществ.

Содержание азота в растительных белках колеблется, в зависимости от культур, от 14,7 % до 19,5 %. Богаче всего азотом семена. Так, в зерне пшеницы, в зависимости от вида и сорта, содержание азота колеблется от 1,6 до 4,2 % от сухого вещества.

### 5.2.2. Азот в почве

Общее наличие азота в почвах зависит от степени богатства их гумусом. В мощных черноземах количество общего азота достигает 0,4-0,5%, в бедных песчаных почвах оно падает до 0,03%.

Основная масса почвенного азота представлена органическими соединениями, образовавшимися в результате разложения в почве растительных и животных органических веществ. Микроорганизмы, разрушающие органическое вещество, используют часть азота на построение своих тел, которые после их отмирания включаются в общий круговорот азота в почве.

При гидролизе почвы б-нормальной серной или соляной кислотой около 50% общего азота почвы переходит в свободные аминокислоты. При этом соотношение отдельных аминокислот в почвенных гидролизатах близко к таковому для плазменного белка почвенных микроорганизмов. Это дает известное основание считать, что значительная часть почвенного азота представлена белковыми соединениями. Но так как микроорганизмы легко разлагают белок, то последний, по-видимому, находится в почве не в свободном виде, а в форме относительно устойчивых органо-минеральных комплексов.

Нуклеиновые кислоты, содержащиеся в ядрах бактерий и клетках высших растений и животных, также всегда присутствуют в почве. Количество почвенного азота, содержащегося в этой форме, составляет менее 10%.

В составе почвенных органических веществ были найдены и другие соединения азота, в том числе хитин, и в небольших количествах гетероциклические соединения – пурин, пиримидин. При разложении свежих растительных остатков в почве были найдены такие продукты распада белка, как холин, креатинин, циануровая кислота, но количества их малы и преходящи.

### 5.2.3. Минерализация азота

В результате воздействия микроорганизмов происходит постепенная мобилизация органического азота почвы в доступные для растений соединения (аммиак и нитраты). При этом образование аммиака происходит под воздействием различных организмов: бактерий, актиномицетов и плесневых грибов. Образование нитратов обязано нитрифицирующим бактериям, окисляющим аммиак в азотистую, а затем в азотную кислоту и использующим выделяющуюся при окислении аммиака и азотистой кислоты энергию на синтез органического вещества за счет углерода углекислых солей.

Минерализация азота, содержащегося в различных органических удобрениях и пожнивных остатках растений, в значительной мере зависит от общего содержания в них азота или, точнее, от соотношения углерода к азоту. При содержании в органическом материале менее чем 1,5% азота (в пересчете на сухое вещество) основная его масса используется микроорганизмами, разлагающими это органическое вещество. Все же количество азота, содержащееся в органическом веществе сверх указанных 1,5% (в пересчете на сухое вещество), сравнительно быстро превращается в почве в усвояемые для растений формы – аммиак и нитраты.

Содержание неорганического нитратного и аммиачного азота в почвах подвержено значительным колебаниям – от следов до 2%, а иногда и до 5% от валового количества азота в почве.

Нормальная деятельность нитрифицирующих бактерий возможна только при наличии тепла, при хорошем притоке воздуха, достаточной влажности почвы и присутствии в почве оснований для нейтрализации образующейся азотной кислоты. Интенсивно нитрификация протекает в парующей почве. В черном пару на черноземных почвах, например, за лето может накопиться до 100 кг и больше нитратного азота на 1 га. На кислых подзолистых почвах нитрификация протекает слабее, вследствие отрицательного влияния кислот-

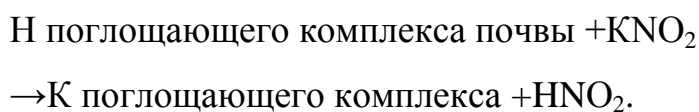


ности почвы на ход нитрификации. Известкование кислых почв резко повышает нитрификацию.

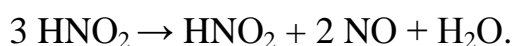
Резкий недостаток влаги в почве подавляет нитрификацию. Чрезмерный избыток влажности также подавляет нитрификацию, но не препятствует аммонификационному процессу. Поэтому в почве при избыточном увлажнении, при заболачивании накапливается значительное количество аммиачного азота, содержание которого в этих случаях может достигать до 20 мг и больше на 1 кг почвы.

Нитриты, являющиеся первой стадией окисления аммиака, встречаются в почве крайне редко и притом в весьма незначительных количествах, обычно не превышающих десятых долей миллиграмма на 1 кг почвы (в нейтральных или карбонатных почвах).

В кислых почвах нитриты неустойчивы. Они быстро распадаются чисто химическим путем:



Эта реакция необратима, так как образовавшаяся азотистая кислота распадается:



При таком течении реакции  $\frac{1}{3}$  азота нитритов переходит в нитратную форму, значительная часть азота теряется вследствие улетучивания газообразных его окислов. Потери азота при внесении нитритов на кислых почвах составляют от 15 до 50% внесенного нитритного азота. Образовавшиеся при распаде нитритов окислы азота отчасти связываются в почве в азотистые органические соединения (нитропроизводные).

Несмотря на быстрое разложение нитритов в почвах, не насыщенных основаниями, нитрификационный процесс в этих почвах не сопровождается сколько-нибудь заметными потерями азота. Это, по-видимому, обусловлено

тесной сопряженностью в работе бактерий, окисляющих аммиак в азотистую кислоту, и бактерий, производящих окисление азотистой кислоты в азотную.

Нитраты не поглощаются почвой, а потому они отличаются большой подвижностью и легко перемещаются с почвенной влагой. В условиях избыточного увлажнения нитраты вымываются из почвы, а при испарении поднимаются с влагой к поверхности почвы.  $NH_4^-$  ион поглощается почвой, поэтому аммиачный азот в почвенных условиях обладает значительно меньшей подвижностью.

Такие почвенные минералы, как биотит, монтмориллонит, вермикулит, могут фиксировать аммиак в необменную форму. Количество фиксированного аммиака в поверхностном культурном слое почвы незначительно. Способность почвы к необменной фиксации  $NH_4^-$  иона значительно реже выражена в подпахотных слоях.

#### 5.2.4. Пополнение запасов азота в почве

Помимо внесения удобрений, запасы азота в почве пополняются за счет следующих источников:

1) в результате фиксации атмосферного азота свободно живущими в почве бактериями, как азотобактер и клубеньки; этими организмами в течение вегетационного сезона связывается в среднем около 10 кг азота на 1 га;

2) в результате фиксации атмосферного азота в клубеньках бобовых; при средних урожаях бобовых трав накопление ими азота в пожнивных остатках и в корнях за вегетационный сезон составляет около 50-70 кг на 1 га. С ростом урожая бобовых накопление азота соответственно повышается;

3) некоторое количество азота попадает в почву с атмосферными осадками, при грозовых разрядах происходит образование окислов азота, которые, соединяясь с водой, дают азотистую или азотную кислоту; в воздух попадает также аммиачный азот (в результате испарения с земной поверхности); таким путем попадает в почву в среднем на 1 га около 5 кг азота.

### 5.2.5. Потери азота из почвы

Помимо выноса азота из почвы урожаями, потери его происходят также в результате: 1) вымывания нитратов, 2) эрозии почвы, 3) денитрификации. Размер потерь от вымывания нитратов зависит от обработки почвы, ее механического состава, количества атмосферных осадков. Из парующей почвы в условиях влажного климата может вымываться довольно много нитратов. Потери нитратов на полях, занятых растениями, резко уменьшаются, так как растения, потребляя нитраты, тем самым препятствуют накоплению их в почве.

В зоне умеренного и недостаточного увлажнения потери нитратов через вымывание сравнительно невелики. В лесостепных и особенно в степных районах вымытые в нижние слои почвы нитраты в летнее время поднимаются с восходящим током влаги к поверхности почвы. Для этих районов не происходит достаточно серьезных потерь нитратов от вымывания. Эти потери могут быть более ощутимыми на песчаных и супесчаных почвах. Наибольшие потери могут иметь место в районах влажных субтропиков.

Известное количество азота теряется из почвы в результате эрозии. Так как смыву подвергаются преимущественно наиболее тонкие почвенные частицы, то почва под влиянием эрозии становится более грубой по механическому составу и более бедной по содержанию питательных веществ.

Биологическое разложение нитратов до  $N_2O$  и элементарного азота (денитрификация) происходит при участии бактерий-денитрификаторов в анаэробной среде, при избытке органического вещества. По опытам, проведенным в лабораторных условиях, при резком анаэробизисе таким путем может теряться до 20-30% и более от общего количества, внесенного в почву нитратного азота.

При наличии растений потери азота в результате денитрификации сильно уменьшаются. О размерах денитрификации в обычных полевых условиях прямых точных экспериментальных данных не имеется. По-видимому, в

практических условиях при должной агротехнике масштабы этого процесса сравнительно невелики.

### 5.2.6. Азот в растении

Общее содержание азота в растениях изменяется в сравнительно широких пределах. В ранних фазах развития содержание азота в большинстве культурных растений достигает 4-5% на сухое вещество. Позднее поступление азота в растение снижается и процентное содержание его в растениях падает. При созревании происходит отток значительной части азотистых веществ из вегетативных органов в семена. Большая часть содержащегося в растениях азота представлена белковыми веществами.

Таблица 18 – Содержание аминокислот в некоторых растительных белках (в % к общему весу)

Аминокислоты	Глиадин пшеницы	Эдестин конопли	Зеин кукурузы	Аминокислоты	Глиадин пшеницы	Эдестин конопли	Зеин кукурузы
Гликокол	1,0	1,6	0	Серин	0,1	6,3	1,0
Аланин	2,5	4,3	9,8	Треонин	3,0	3,9	-
Валин	3,0	5,7	1,9	Тирозин	3,1	4,3	5,9
Лейцин и изо- лейцин	6,0	4,7	25,0	Триптофан	0,9	1,5	0,2
Фенилаланин	2,5	5,5	7,6	Аспарагиновая кислота	1,4	12,0	1,8
Пролин	13,2	4,3	9,0	Глутаминовая кислота	46,0	20,7	31,3
Окипролин	-	-	0,8	Аргинин	3,2	16,7	1,6
Метионин	2,3	2,4	2,4	Гистидин	2,1	2,9	0,8
Цистин	2,3	0,9	0,9	Лизин	0,6	2,4	0

В состав молекулы белка входит до 20 и более аминокислот. Некоторые из них не могут синтезироваться в организме человека или животных.

Такие аминокислоты называются незаменимыми. К ним относятся триптофан, фенилаланин, метионин, лизин, валин, треонин, изолейцин и лейцин. Отсутствие или недостаток в питании человека или животных какой-либо незаменимой аминокислоты приводит к нарушению обмена веществ и заболеванию.

Аминокислотный состав растительных белков не является строго постоянным. Условия местообитания растений, характер их питания оказывают значительное влияние на содержание отдельных аминокислот в белках растений.

Исследованиями, проведенными в лаборатории азота НИУИФ, установлено, что при подкормке пшеницы нитратным азотом значительно возрастает содержание триптофана в белках зерна пшеницы, а при подкормке аммиачным азотом повышается содержание цистина.

В растениях, так же как и в организме животных, происходит непрерывное обновление белка. В процессе обмена веществ в растениях белки постоянно подвергаются распаду и одновременно возобновлению. Проведенные исследования с применением меченых атомов азота показали, что белки молодых растений ржи, овса и других культур обновляются за 24 часа примерно на 25%. Синтез белка и его обновление в растении тесно связаны с процессом фотосинтеза. Синтез белка сопровождается энергичным окислением сахара, при котором освобождается энергия, необходимая для активации аминокислот, идущих на синтез белка. Так как в темноте не происходит нового образования сахаров, то синтез белка прекращается и происходит только его распад до аминокислот.

В зеленых частях растений основная масса белковых веществ представлена плазменными белками, которые по ряду признаков отличаются от запасных белков семян и других запасных органов растений. Содержание азота в препаратах белка, выделенных тем или иным путем из вегетативных органов растений, колебалось от 11,0 до 16,8%.

В клеточных ядрах растений основным веществом являются нуклеопротеиды; представляющие собой соединения нуклеиновых кислот с белковыми веществами.

Содержание азота в белковых веществах семян колеблется обычно в пределах 16,5-17,5%.

Небелковые органические соединения азота образуются в растении или в результате синтетических процессов за счет неорганических соединений азота (аммиак) и углеродистых компонентов ( $\alpha$ -кетокислоты), или в результате процессов распада белка.

Из небелковых органических соединений в растениях исключительное место принадлежит аминокислотам, занимающим центральное положение во всем азотном обмене растений. Синтезируемые растением аминокислоты идут на синтез белка, и они же являются теми веществами, на которые распадается белок при его гидролизе.

Аминокислоты являются производными жирных или ароматических кислот, у которых один или два атома водорода замещены аминной группой ( $\text{NH}_2$ ) по типу:

1)  $\text{R}-\text{CH}-\text{NH}_2-\text{COOH}$  — моноаминокислоты;

2)  $\begin{array}{c} \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2-\text{CH}-\text{NH}_2 \\ | \qquad \qquad | \\ \text{R} \qquad \qquad \text{COOH} \end{array}$  — диаминокислоты.

Ближайшими производными аминокислот являются их амиды, в которых гидроксил карбоксильной группы замещен амидной группой. Амиды – аспарагин и глутамин – широко распространены в растениях.

Генетически связаны с аминокислотами также амины и содержащиеся во многих растениях различные алкалоиды. Фосфатиды, присутствующие в любой растительной клетке и играющие важную физиологическую роль, имеют в своем составе азотистое основание холин  $(\text{CH}_3)_3 \text{OH}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ . Фосфатидами наиболее богаты семена масличных растений.

Небелковые органические соединения встречаются преимущественно в вегетативных органах растений; содержание их относительно выше в ранних фазах развития растений. Общее содержание небелкового органического азота в вегетативных органах растений обычно составляет не более 20-25% общего количества азота в растениях. В неблагоприятных условиях питания и, в частности, при недостатке калия, а также при недостаточном освещении содержание небелковых азотистых соединений значительно возрастает.

Неорганические соединения азота обычно представлены нитратами, содержание которых подвержено весьма значительным колебаниям – от исчезающе малых количеств, до нескольких процентов  $\text{NO}_3$  на сухой вес растений. Особенно большие количества нитратов накапливаются в некоторых диких растениях (марь, крапива и др.). Из культурных растений наиболее богаты нитратами листья свеклы, стебли картофеля, табака, гречихи. Значительные количества нитратов могут быть и в таких запасных органах, как корни свеклы. Содержание нитратов для одних и тех же видов растений сильно изменяется в зависимости от уровня азотного питания и обеспеченности другими питательными элементами; недостаток последних тормозит процесс переработки нитратов и ведет к повышенному накоплению их в растении.

Аммиак в большинстве растений отсутствует. Накапливается он при резких нарушениях обмена веществ в растении в результате патологических процессов, а также при внесении аммиачных удобрений на фоне недостаточного калийного питания. Аммиак оказывает токсическое действие на растительную клетку.

В растениях с кислым клеточным соком аммонийные соли органических кислот могут накапливаться в значительных количествах в результате нормальных процессов, свойственных этим растениям; вследствие высокого содержания свободных органических кислот возможность диссоциации аммиачных солей до аммиака почти исключается и тем самым устраняется вредное действие аммиака на растение.

Нитриты не встречаются в растениях, но в отдельных случаях могут быть обнаружены в незначительных количествах (например, при недостатке кислорода).

### 5.2.7. Источники азотного питания растений

Таковыми источниками азота могут служить нитраты, аммонийные соли, нитриты и некоторые органические соединения азота, как мочевины и аминокислоты.

Однако только один аммиак может быть непосредственно использован на построение аминокислот, являющихся исходным материалом для синтеза белка. Нитраты и нитриты могут использоваться на синтез аминокислот только после их восстановления в тканях растения. Доступность растениям органических источников азота определяется их способностью отщеплять аммиак в результате биохимических превращений.

Аммиак, поступивший в растение из почвы или образовавшийся в самом растении в результате восстановления нитратов, вступает в реакцию  $\alpha$ -кетокислотами с образованием соответствующих аминокислот.

Альфа-кетокислоты, наличие которых в растении является необходимым условием для первичного синтеза аминокислот, образуются в процессе неполного окисления углеводов, а также непосредственно в процессе фотосинтеза. При дыхании растений в качестве важнейшего промежуточного продукта диссимиляции углеводов образуется пировиноградная кислота  $\text{CH}_3\cdot\text{CO}\cdot\text{COOH}$ . Эта кетокислота, вступая в реакцию с аммиаком, дает аланин –  $\text{CH}_3\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$ , одну из первых аминокислот, образующихся в растении при усвоении аммиака.

Важнейшими промежуточными продуктами обмена веществ в растении являются такие  $\alpha$ -кетокислоты, как  $\alpha$ -кетоглутаровая ( $\text{HO}\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{COOH}$ ) и щавелевоуксусная ( $\text{HOOC}\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{COOH}$ ) кислоты.



При взаимодействии с аммиаком  $\alpha$ -кетоглутаровая кислота образует глутаминовую кислоту ( $\text{HOOC}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$ ), а щавелевоуксусная – аспарагиновую кислоту ( $\text{HOOC}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$ ). Подобным же образом и другие  $\alpha$ -кетокислоты, подвергаясь под воздействием соответствующей ферментной системы прямому аминированию аммиаком, дают соответствующие аминокислоты.

Образование аминокислот через прямое аминирование  $\alpha$ -кетокислот не является единственным путем синтеза аминокислот в растении.

Весьма большую роль в обмене веществ в растениях играют реакции переаминирования.

В результате этих реакций происходит перенос аминогруппы с аминокислоты на  $\alpha$ -кетокислоту.

Так, например, в результате реакции переаминирования между глутаминовой и пировиноградной кислотами образуется аланин и  $\alpha$ -кетоглутаровая кислота. Поступивший в растение аммиак чрезвычайно быстро перерабатывается в аминокислоты. Точные опыты, проведенные с применением меченых атомов и хроматографии, показали, что уже через несколько минут после подкормки аммиачным азотом в растениях могут быть обнаружены аминокислоты, образовавшиеся за счет переработки внесенного в подкормку аммиачного азота. При этом первыми аминокислотами, синтезируемыми в растении при усвоении ими азотных удобрений, являются аланин и затем дикарбоновые аминокислоты – аспарагиновая и глутаминовая. При интенсивном поступлении аммиака в растение не весь он идет на аминирование кетокислот; значительная часть вступает во взаимодействие с ранее синтезированными дикарбоновыми аминокислотами – аспарагиновой и глутаминовой с образованием соответствующих этим кислотам амидов – аспарагина и глутамина.

Конечным продуктом восстановления нитратов и нитритов является аммиак, но природа промежуточных соединений, образующихся в процессе восстановления, недостаточно выяснена.

Нитриты столь быстро превращаются в растения, что судить об их участии в процессе превращения нитратов по наличию (или отсутствию) нитритного азота в растении вряд ли возможно. Даже при искусственном питании нитритами они не накапливаются в растении в более или менее заметных количествах.

В качестве дальнейшей ступени восстановления нитратов и нитритов в растении может рассматриваться гидроксилламин  $\text{NH}_2\text{OH}$ . Хотя он в высших растениях не был обнаружен, но найден в качестве промежуточного продукта при восстановлении нитритов некоторыми микроорганизмами. Процесс превращения нитратного азота, по-видимому, может сопровождаться также образованием нитропроизводных, в результате восстановления которых в растении могут получаться соответствующие аминсоединения.

Усвоение растениями нитратного азота происходит как на свету, так и в темноте (в последнем случае при искусственном питании растений сахарами). Таким образом, принципиально усвоение нитратов растениями не требует наличия световой энергии. Тем не менее на свету усвоение нитратов идет несравненно энергичнее, чем в темноте.

При недостатке фосфора переработка нитратного азота задерживается и в растениях накапливается избыток нитратов.

Значение фосфора для нормального хода редукции нитратов, по-видимому, обусловлено влиянием этого элемента на характер окислительно-восстановительных процессов в растении: фосфор повышает интенсивность восстановительных процессов в растении.

Усвоение растениями азота зависит от условий калийного питания. Депрессия, вызванная применением чрезмерно высоких доз азота, устраняется повышением дозы калийных удобрений.

Калий играет специфическую роль в усвоении аммиачного азота. При недостатке калия в условиях аммиачного питания в растении накапливаются большие количества непереработанного аммиака. Если растениям, находя-

щимся в состоянии аммиачного отравления, дать нормальное калийное питание, то симптомы аммиачного отравления очень быстро устраняются.

Наряду с накоплением больших количеств аммиака при калийном голодании происходит и накопление в растениях сахаров. При недостатке калия сахара не используются на синтез белка. В этом случае новый его синтез задерживается, в результате чего происходит нарушение всего азотного обмена.

Растения, в углеводном составе которых преобладают кетозы, характеризующиеся более высокой реакционной способностью, чем альдозы, могут использовать аммиак на синтез аминокислот и белка и при относительном недостатке калия. К этому типу относятся, прежде всего, инулиноносные растения: кок-сагыз, цикорий, топинамбур, георгин и, по-видимому, некоторые другие растения. При относительном недостатке калия у этих растений не обнаруживается аммиак, несмотря на питание их аммиачным азотом.

Как нитратный, так и аммиачный азот легко поступает в растения. При одновременном наличии в питательной среде нитратного и аммиачного азота последний поступает с большей скоростью. Поэтому нитрат аммония, содержащий в равной пропорции нитратный и аммиачный азот, является физиологически кислой солью.

На поступление отдельных источников азота оказывает влияние и наличие в почвенном растворе сопутствующих ионов. Фосфаты ускоряют поступление в растение аммиачного азота, а кальций и калий повышают поступление нитратного азота. Условия азотного питания, в свою очередь, оказывают существенное влияние на поступление в растение зольных элементов. Содержание в растениях анионов  $SO_4$ ,  $Cl$  и в особенности  $PO_4$  резко возрастает при аммиачном источнике азота. При нитратном питании в растениях происходит очень значительное увеличение содержания кальция.

### **Недостаточное и избыточное снабжение растений азотом**

Недостаток азота вызывает задержку роста и очень слабое развитие растений и особенно резко сказывается на развитии листьев и генеративных

органов, при этом количество азота во всех органах растений резко понижается. Недостаток азота легко может быть распознан по внешнему виду растений, которые принимают светло-зеленую с желтоватым оттенком окраску в результате уменьшения в растении количества хлорофилла. Этот признак может быть использован для диагностики уровня азотного питания растений. При недостатке азота ткани растений быстро грубеют.

Усиление азотного питания при достаточной обеспеченности растений другими элементами резко улучшает рост и развитие растений. Однако избыток азота при относительно слабом фосфатном и калийном питании растений часто приводит к отрицательным последствиям; задержка и неравномерность созревания, склонность к полеганию у злаков, большая поражаемость растений грибными и бактериальными заболеваниями, пониженная сопротивляемость растений неблагоприятным климатическим условиям. Для предотвращения отрицательного влияния избытка азота необходимо резко улучшить условия калийного и фосфатного питания растений.

### **5.3. Фосфор**

Фосфор относится к распространенным элементам земной коры. Он составляет около 0,12% ее веса, и атомы фосфора – 0,07% общего числа атомов земной коры. По «весовому кларку» среди прочих элементов фосфор занимает 13-е место, по «атомному кларку» – 14-е. Содержание химических соединений фосфора составляет не более 0,75% веса земной коры. Фосфор входит в состав кислых и средних магм, гранитных пегматитов и нефелинсиенитовой магмы. Для осадочных пород весовой кларк указывается в 0,06%, для кристаллических – 0,065%. Фосфор входит в состав всех живых организмов, и существование их без него невозможно.

Фосфор играет исключительно важную роль в процессах роста и развития растений. Фосфор способствует:

- развитие корневой системы;

- ускоряет развитие культуры, обуславливая их более раннее созревание;
- усиливает холодостойкость и засухоустойчивость растений;
- повышает качество урожая – под влиянием фосфора доля зерна в составе общего урожая растет быстрее, чем доля соломы;
- улучшает химический состав продукции, повышает содержание белков и сахаров, а также крахмала в зерновых и овощных культурах.

### **5.3.1. Источники фосфорного питания растений**

Источниками фосфорного питания растений могут быть соли орто-, мета- и пиррофосфорной кислот, а также органические фосфаты: сахарофосфаты и фитин. Поступление их в растение доказано прямыми опытами в стерильных условиях.

Воднорастворимые соли калиевые, натриевые и аммониевые, кальциевые и магниевые соли фосфорной кислоты являются лучшим источником фосфора для растений. Двухзамещенные соли кальция и магния тоже, вследствие гидролиза, легко доступны для растений. Менее усвояемы соли полуторных окислов. Кристаллические фосфаты железа и алюминия трудноусвояемы, более усвояемы аморфные фосфаты, свежесаждаемые фосфаты комплексных солей железа и алюмофосфорных кислот щелочных оснований. В старых работах часто отмечалось хорошее использование фосфатов полуторных окислов, что объяснялось трудностью отмывки их препаратов от растворимых фосфатов. Трехкальциевый фосфат как определенное химическое соединение до сих пор не изучен, так как препараты «химически чистых» солей, как оказалось, были смесью гидроксил апатита и дикальцийфосфата.

Среди зольных элементов фосфор занимает особое положение. Если зольные элементы обычно накапливаются в соломе, то содержание фосфора относительно больше в семенах. Распределение фосфора в растениях показывает, что он является спутником азота: его много там, где много азота. Оба

эти элемента накапливаются больше всего в репродуктивных органах и в тех органах, где идут интенсивные процессы синтеза органического вещества и клетки растений содержат много плазмы. Фосфор входит в состав важнейших конституционных соединений протоплазмы, участвует в самых разнообразных превращениях органического вещества, в процессах деления, размножения и передачи наследственных свойств живых существ, входит в состав ряда ферментов, гормонов и витаминов.

Наличие связи между ролью азота и фосфора в растении обуславливает довольно устойчивое соотношение их в урожае, тогда как отношение между азотом и калием сильно меняется в зависимости от вида растения.

Таблица 19 – Средний вынос N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O урожаем растений

Растения	Вынос (в кг на 1 т)			Относительный вынос (в %)			Авторы
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Пшеница озимая, зерно	37	12	22	100	32	60	А.М. Надеждин
Сахар свекла, корни	5,2	1,5	5,5	100	29	106	Ф.С. Соболев
Картофель, клубни	5,0	1,5	7,0	100	30	140	Л.Н. Бородич
Хлопчатник, сырец	45	15	45	100	33	100	Е.А. Жориков
Клевер красный, сено	18	5,5	16	100	31	90	И.С. Травин
Общий урожай	-	-	-	100	37	88	В.П. Кочетков

Для самой разнообразной продукции (корни, клубни, зерно, сено), как видно из таблицы, отношение азота к фосфору близко к 100:30, тогда как отношение азота к калию колеблется от 100 : 60 до 100 : 140. В общем выносе урожаями всех культур соотношение N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O принимается равным 100 : 37 : 88, но подсчеты эти приведены по старым данным, в которых характерно некоторое преувеличение для фосфора и уменьшение для калия.

Можно считать, что количество фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в растениях в среднем составляет 1/3 наличия в них азота, или один атом фосфора приходится на 15 атомов азота. В вегетационном опыте можно получить в растениях различное отношение азота к фосфору, но в полевых условиях оно достаточно однооб-

разно, так как почва является мощным регулятором питания растений. В отдельных случаях содержание фосфора в естественных кормах может быть все же настолько низким, что кормление ими вызывает заболевание скота.

### 5.3.2. Фосфорные органические соединения

Можно предполагать, что естественные фосфатиды весьма разнообразны и отличаются по характеру жирных кислот, азотных оснований и наличию углеводных групп. Фосфатиды являются конституционными составными частями протоплазмы и участвуют в создании ее структуры, в процессах проникновения и обмена веществ в клетках растений. Фосфатиды находятся во всех клетках растений, но накопление их имеет место только в семенах – больше в зародышах, чем в эндосперме.

Таблица 20 – Содержание фосфатидов в семенах растений (в % к общему весу)

Растения	Количество	Растения	Количество
Кукуруза	0,25	Конопля	0,86
Подсолнечник	0,44	Горох	1,20
Пшеница	0,65	Чечевица	1,20
Ячмень	0,74	Вика	1,22
Рожь	0,75	Соя	1,82
Лен	0,81	Люпин синий	2,20

Возможность воздействия на содержание в растениях фосфатидов путем изменения условий фосфорного питания растений установлена экспериментально. Увеличением доз фосфатов можно существенно изменять содержание фосфатидов в молодых растениях. Отмечено также, что по аммиачному азоту содержание фосфатидов в растениях больше, чем по нитратному азоту. Увеличением доз фосфатов, однако, не удастся существенно изменить содержание фосфатидов в зерне растений.

### 5.3.3. Влияние фосфора на рост и развитие растений

Внесение фосфорных удобрений оказывает сильное влияние на скорость роста и развития растений. Это имеет существенное значение для многих культур. Такие растения, как клевер и люцерна, при внесении фосфатов дают семена в год посева, тогда как обычно они приносят урожаи семян только на следующий год. Сильно ускоряют свое развитие томаты и огурцы. Выращивание рассады томатов и ее высадка должны сопровождаться применением больших доз фосфорных удобрений. Сильно сказывается ускоряющее влияние фосфатов на развитии корнеплодов, в частности сахарной свеклы, в связи с чем она хорошо отзывается на местное внесение фосфатов. Влияние фосфатов на скорость развития растений различно не только для видов растений, но и для сортов.

В ряде случаев отмечено благоприятное влияние фосфорных удобрений на качество урожая: повышение в урожае доли зерна и его крупности, увеличение сахара в свекле и крахмала в картофеле, что, видимо, находит свое объяснение в ускорении созревания растений по фосфатам. Обычно отмечаемое преимущественное влияние фосфатов на увеличение доли семян в общем урожае, если климатические условия благоприятны, не всегда имеет место.

Различная отзывчивость растений на внесение фосфорных удобрений зависит от размеров их потребности в фосфоре, критических периодов питания и усвояющей способности их корневой системы в отношении фосфатов почвы. Опыты, проведенные на Долгопрудной агрохимической станции, показали, что между сортами зерновых культур имеются различия в отзывчивости на фосфаты. Если позднеспелые сорта вообще не успевают созреть в условиях недостаточного фосфорного питания, то возможно более сильное действие на позднеспелые сорта, но если условия для созревания позднеспелых сортов овса и пшеницы обеспечены, то они слабее отзываются на фосфаты, чем сорта раннеспелые.



В травостое растение, удобрённое фосфором, быстрее развивается, чем растение неудо́ренное, и подавляет развитие последнего. В смешанных посевах развитие наиболее ценного компонента должно быть обеспечено фосфатами. Поэтому для злаково-бобовых смесей необходимо разработать приемы раздельного удобрения злаков и бобовых.

#### 5.3.4. Фосфор почвы

В почве фосфор находится в виде органических и неорганических соединений. Содержание органических фосфатов различно. Для почв, в зависимости от их типов, оно колеблется от 10 до 50% общего содержания  $P_2O_5$  в почве, причем зависит от содержания гумуса в почве и богатства последнего, фосфатом. Органические соединения фосфора это нуклеопротеиды, фитин (видимо, железная соль фитиновой кислоты), а также в весьма незначительном количестве фосфатиды и сахарофосфаты. Все виды и формы органических фосфатов, конечно, имеются в почве, входя в состав корней растений, микроорганизмов и их разлагающихся остатков. Возможно, что в почве имеются и сложные органо-минеральные комплексы, в состав которых входят фосфаты. Предполагается, что в этих сложных соединениях фосфоргруппа связана органо-минеральным комплексом через посредство катионов (кальция, железа, алюминия).

Таблица 21 – Содержание органических соединений фосфора в почвах (по Хейфиц, почвенный институт Академии наук)

Почвы	Содержание гумуса (в %)	Валовая $P_2O_5$ (%)	$P_2O_5$ связанная с органическим веществом почвы (в % от валовой)	Содержание органической $P_2O_5$ (в %)
Сильноподзолистая	3,9	0,160	34	1,41
Серая оподзоленная	3,7	0,149	44	1,78
Чернозем обыкновенный	4,7	0,126	33	0,90
Чернозем выщелоченный	6,7	0,154	50	1,10

Эти формы определяются путем анализа водных, солевых, кислотных и щелочных вытяжек. Наибольшее распространение получили кислотные вытяжки для кислых и нейтральных почв и щелочные (растворы углекислого калия, натрия и аммония) – для карбонатных почв. Применение водных вытяжек основано на значении гидролиза фосфорных соединений почвы для характеристики их усвояемости. Чем больше фосфора переходит в водную вытяжку и чем устойчивее концентрация в ней фосфора при расширении отношения почвы к воде, тем более доступны почвенные фосфаты для растений. Последнее вполне понятно, так как главным растворителем в почвенных условиях является вода и фосфаты почвы в естественных условиях все время подвергаются гидролизу.

Применение слабых кислотных вытяжек основано на растворении в них фосфатов кальция, алюминия и железа.

При внесении в почву фосфорных удобрений они подвергаются различным изменениям в зависимости от состава удобрений и особенностей почвы. Поглощение почвой фосфатов идет с образованием кальциевых фосфатов, фосфатов полуторных окислов, соединений с глинистыми минералами, а также путем биологического поглощения фосфора микроорганизмами.

#### **5.4. Калий**

Калий относится к числу наиболее распространенных элементов. Среднее его содержание в доступной части земной коры составляет 2,40%, в изверженных горных породах – 3,13%, в сланцах – 3,24%, в песчаниках – 1,63%. Основным носителем калия в горных породах является калиевый шпат-ортоклаз  $KAlSi_3O_8$ , составляющий 17,7% веса всей доступной части земной коры. Значительно менее распространены лейцит и содержащие калий слюдяные минералы.

Значение калия в жизни растений многообразно. Он способствует:

- нормальному течению фотосинтеза;

- синтезу и накоплению в растениях витаминов (рибофлавина, тиамина);
- повышению засухоустойчивости растений;
- повышению зимостойкости культур;
- повышению интенсивности накопления растениями углеводов (сахара в плодах и овощах, крахмала в картофеле).

При обеспечении растения калием активно используются азотные удобрения, больше образуется белков, растет урожайность.

При недостатке калия снижается устойчивость растений к возбудителям грибных болезней в период роста растений и вовремя хранения продукции.

Различные сельскохозяйственные культуры потребляют неодинаковое количество калия. Сравнительно много этого элемента требуют плодово-ягодные насаждения, сахарная свекла, капуста, корнеплоды, картофель, клевер, люцерна, подсолнечник, гречиха, зернобобовые, кукуруза.

#### **5.4.1. Количество калия в почве**

Количество  $K_2O$  в почвах составляет от 0,7 до 2,5% и определяется их механическим составом. Чем больше в почве находится глинистых частиц, тем больше в ней калия. В тяжелых глинистых почвах количество  $K_2O$  достигает 3- 4%, на бедных песчаных почвах оно падает до 0,7-1,0%. Исключительно бедны калием торфяные почвы, где наличие  $K_2O$  падает до 0,05% (верховые торфяники).

В большинстве культурных почв количество  $K_2O$  в среднем близко к 2%.

По степени подвижности и доступности растениям содержащиеся в почве соединения калия могут быть подразделены на следующие основные формы: 1) калий минеральной, скелетной части почвы, представленный со-

держащими калий силикатными минералами; 2) обменный, или поглощенный, калий; 3) воднорастворимые соединения калия.

Таблица 22 – Количество калия в почвах (по данным Географической сети опытов НИУИФ)

Почвы	Количество $K_2O$ (в %)
Подзолистые	1,90
Серые лесные земли	2,40
Мощные и обыкновенные черноземы	2,34

Обменный (поглощенный) калий после воднорастворимых форм является ближайшим источником калийного питания растений. Растения используют калий, находящийся в почве в поглощенном состоянии. Большое значение обменного калия для обеспечения потребности растений в этом элементе было подтверждено в работах многих исследователей. Легкая доступность растениям обменного калия обусловлена способностью его переходить в почвенный раствор: при поглощении растениями калия происходит переход новых порций этого катиона из поглощенного состояния в почвенный раствор.

Содержание обменного калия является наиболее надежным показателем степени обеспеченности почвы усвояемым калием.

Таблица 23 – Количество обменного калия в почвах (по данным НИУИФ)

Почвы	Обменный $K_2O$ (в мг 100 г почвы)
Подзолистые	4-9
Слабоподзолистые суглинистые серые	15-20
Выщелоченные черноземы	25-35

#### 5.4.2. Калий в обмене веществ растений

Безусловная необходимость калия для нормального роста и развития растений была установлена еще в середине прошлого столетия.

При калийном голодании на листьях растений появляются желтые пятна, края листьев буреют и скручиваются. Краевой некроз листьев является наиболее типичным внешним признаком калийного голодания растений. Рост растений при недостатке калия резко подавляется, сильно укорачиваются междоузлия, плохо развиваются механические элементы стебля, не происходит утолщение стенок лубяных волокон.

Из всех зольных элементов калий содержится в растениях в наибольшем количестве. Между наличием калия в семенах и содержанием в них. Белковых веществ для большинства растений существует известная корреляция. Так, семена зерновых злаков содержат 12-16% белка и 0,4-0,6%  $K_2O$ , а семена бобовых растений – 25-35% белка и 1,0-1,8%  $K_2O$ .

Условия калийного питания оказывают большое влияние на синтез белковых веществ в растении.

Калий повышает интенсивность окислительных процессов в растительных тканях, почему содержание органических кислот в растениях под влиянием калия повышается.

В условиях калийного голодания значительно повышается интенсивность протеолитического процесса, т.е. процесса распада белка, что создает особенно благоприятные условия для развития в тканях растений патогенных организмов – грибов и бактерий. Недостаточное калийное питание часто является причиной сильного поражения растений такими болезнями, как мучнистая роса (ячмень, пшеница и др.), вилт (хлопчатник) и т.п. Применение калийных удобрений в таких случаях является профилактическим мероприятием в борьбе за получение здоровых, устойчивых к болезням растений.

Нормальное калийное питание растений имеет существенное значение для качества урожая и его сохранности. Овощи и плоды удобрённых калием

растений значительно лучше сохраняются в лежке и при транспортировке. Калий повышает натуру зерна. При его недостатке зерно получается щуплым, с пониженной всхожестью.

### 5.5. Кальций

Количество кальция в земной коре составляет 3,25%. Он входит в состав кристаллических пород (от 1,3% CaO – в граните до 11,5% CaO – в базальте), почвообразующих пород (в красноземной коре выветривания – около 0,6%, в моренных суглинках – 1,6%, в покровных суглинках – 1,5%, в лессовидных суглинках – 5,5%, в лессе – 7,5%, в известковых отложениях – 50-54% CaO), а также в состав ряда минералов (кальцит, доломит, апатит и др.).

В массивнокристаллических породах кальций содержится в виде труднорастворимых силикатов и алюмоферрисиликатов. Растительность с помощью корневой системы (а также некоторые виды бактерий) оказывает растворяющее влияние на породы и извлекает из них Ca. После отмирания растений содержащийся в них Ca освобождается и в условиях сухого климата накапливается в виде карбонатов, сульфатов, хлоридов, нитратов и других неорганических солей; в условиях, менее благоприятных для разложения, в почве накапливаются гуматы кальция. При влажном климате растворимые соли вымываются и с грунтовыми водами уносятся в реки, а затем в озера и моря, давая начало морским известковым осадочным породам. В результате этого процесса почва обедняется основаниями, в том числе кальцием. При горообразовании и морских регрессиях отложенные в морских глубинах осадочные породы выходят на земную поверхность и, подвергаясь выветриванию, покрываясь растительностью или перемешиваясь с другими породами, дают начало новым породам, на которых образуются почвы. Содержащийся в этих породах кальций вновь переходит в более растворимые формы. Происходит круговорот кальция в природе.

Кальций необходим для нормального роста надземных органов и корней растений. При недостатке кальция задерживается рост листьев, на них появляются светло-желтые пятна и листья отмирают. По мере старения листьев, количество кальция в них увеличивается. Кальций усиливает обмен веществ в растениях, играет важную роль в передвижении углеводов, оказывает влияние на превращение азотистых веществ, ускоряет распад запасных белков семени при прорастании. Кроме того, он имеет существенное значение для построения нормальных клеточных оболочек и для установления благоприятного кислотно-щелочного равновесия в растениях. Больше кальция содержится в вегетативных органах растений и меньше в репродуктивных.

### 5.5.1 Кальций в почве

Кальций является обязательным компонентом почвы (в форме углекислой извести, кальция, силикатов, гипса, поглощенного кальция) и почвенного раствора (в форме  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  и др.).

Таблица 24 – Содержание кальция в почвах

Почвы	$\text{CaCO}_3$ (в %)	Поглощенный Ca (в мг+экв на 100 г почвы)
Черноземы	0,2-14	21-50
Серые лесостепные	0	6-36
Подзолистые	0	2-12

Уменьшение количества кальция (в том числе поглощенного) от черноземов к серым лесостепным землям и далее к дерново-подзолистым почвам сопровождается понижением их плодородия; при этом отмечается подкисление почвы и ухудшение в ней питательного и воздушного режима.

В результате почвообразовательного процесса силикатный и алюмосиликатный кальций переходят в более подвижные формы:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и каль-

ций поглощенный.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  – один из существенных компонентов буферной системы почвенного раствора, считается, по образному выражению А.Н. Соколовского, «стражем почвенного плодородия» или, по М.А. Егорову, – «кровью почвы». Источником  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  в почве, кроме карбонатов, является поглощенный Са, в свою очередь связанный гумусом (гуматный Са) или алюмосиликатами (цеолитный Са). Поглощенный Са главным образом и определяет количество  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  в почвенном растворе.

### 5.5.2. Кальций в растениях

Растворимые соли кальция ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  и др.) в значительной мере поглощаются корнями растений.

Растения содержат следующие количества СаО (в % на сухое вещество): листья березы, ольхи, осины и дуба 2,4-4,2; хвоя ели, пихты, сосны 2, 1-3,0; сено луговое, степное и клеверное 1,1-2,9; корни овса, ржи, ячменя 1,0-2,3.

С растительным опадом (а также с навозом – 0,5% СаО) и минеральными удобрениями в почву возвращается часть кальция; часть его уносится урожаем (с 1 га от 30 кг СаО зерновыми до 120 кг бобовыми, свеклой, капустой) или вымывается в грунтовые воды, реки, моря, океаны.

Вынос значительных количеств извести дает основание полагать, что подзолистые почвы могут нуждаться в извести не только для нейтрализации их кислотности, но и для улучшения питания растений кальцием.

По чувствительности к концентрации кальция в почвенном растворе различают: а) известколюбые и б) известкофобые, отрицательно реагирующие на избыточную концентрацию Са в почвенном растворе.

При наличии в севообороте растений-кальцефобов рекомендуется, легкие подзолистые кислые почвы известковать уменьшенными дозами извести на фоне навоза с заменой физиологически кислых и кислых удобрений нейтральными.



### **5.5.3. Вымывание и значение кальция для растений**

Кроме выноса с урожаями, значительное количество кальция почвы вымывается в дренажные и грунтовые воды.

Помимо непосредственной роли в питании растений, известь оказывает разностороннее влияние на почву как среду для развития растений.

Кальций необходим для нормального произрастания растений и развития их корневой системы. Недостаток кальция начинает сказываться уже с прорастания семян. Имеются указания, что кальций необходим для образования и роста хлоропластов.

В отличие от Mg и P, преобладающих в семенах, кальций скапливается в листьях и стеблях растений и необходим для нормального развития листового аппарата; при недостатке кальция рост листьев задерживается, на них появляются коричневые пятна, хлоротичность и листья отмирают.

Роль кальция в высших растениях, по-видимому, тесно связана с условиями светового питания.

### **5.6. Магний**

Магний составляет 2,35% массы земной коры. Магний обладает способностью концентрироваться в земной коре в громадных массах в процессах формирования изверженных и осадочных пород.

Образуются очень большие скопления магниевых минералов на пространстве многих тысяч и десятков тысяч квадратных километров. Возникают, как указывает А.Е. Ферсман, целые пояса магниевых залежей.

В почвах магний находится в разных формах – в виде сульфатов, хлоридов, карбонатов, силикатов и алюмосиликатов.

Магний входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Входит в состав пектиновых веществ и фи-

тина, который накапливается преимущественно в семенах. В отличие от кальция он более подвижен и может повторно использоваться в растениях.

Магний играет важную роль в жизни растений, участвует в передвижении фосфора в растениях, активизирует работу ферментов, ускоряет образование углеводов, влияет на окислительно-восстановительные процессы в тканях растений.

## 5.7. Железо

Железо – один из самых распространенных элементов земной коры.

В значительных количествах оно входит в состав почв и почти всех горных пород. Количество железа в почвах составляет от 1 до 5%. Железо является необходимым элементом для жизни всех растений; оно играет очень важную физиологическую роль как в растительном, так и в животном организме. Железо совершенно необходимо для образования хлорофилла, хотя и не входит в его состав; оно является неотъемлемой составной частью гемоглобина крови человека и животных. Железо играет очень важную роль в окислительно-восстановительных процессах; оно входит в состав дыхательных ферментов и значительно влияет на интенсивность дыхания растений.

Наиболее чувствительными к недостатку железа являются плодовые деревья – яблоня, груша, слива, персик, цитрусовые, а также малина, виноград и некоторые другие. Железное голодание наблюдается и у полевых культур – люпина, капусты, картофеля, томатов, овса, кукурузы и некоторых других, но, как правило, оно проявляется в более слабой степени, чем у древесных многолетних культур. Важнейшим признаком недостатка железа является заболевание молодых листьев хлорозом. Происходит равномерное пожелтение листовых пластинок в отличие от пятнистого хлороза, наблюдаемого при недостатке некоторых других микроэлементов. Листья приобретают бледно-зеленую, а затем и светло-желтую окраску без отмирания ткани. Рост растений ослабляется, урожайность падает, а при более остром и про-

должительном железном голодании у плодовых деревьев появляется суховершинность. Высокое содержание подвижного фосфора в почве и, наоборот, низкое содержание калия усиливает железное голодание растений.

### **5.8. Натрий**

Натрий составляет 2,63% общего количества элементов, входящих в состав доступной части земной коры. По «весовому кларку» натрий занимает шестое место в земной коре. Натрий содержится в растении в широко изменяющихся количествах – от 0,001 до 3-4% на сухой вес растений. Положительно реагируют на внесение натрия свекла (сахарная, кормовая, столовая), люцерна, капуста, репа, турнепс.

### **5.9. Хлор**

Хлор весьма распространенный в природе элемент. Он входит в состав природных вод, почв и животных организмов; в теле человека содержится хлора 0,35%. Установлено, что избыток хлоридов сказывается на качестве урожая многих растений: табак – падение горючести листьев, картофель – понижение крахмалистости клубней, прядильные растения – ухудшение качества волокна, виноград, плоды и овощи – увеличение кислотности и уменьшение сахаристости. В некоторых случаях внесение больших доз хлористых удобрений приводит к уменьшению урожаев некоторых растений, что чаще выявляется на почвах легкого механического состава и на кислых почвах, чем на глинистых и нейтральных.

Хлор не поглощается почвами; поэтому при осеннем внесении удобрений хлориды успевают вымываться из почвы.

## 5.10. Сера

Сера входит в состав всех растительных белков. В ее биологическом круговороте участвует весь органический мир: бактерии, растения и животные. Значительные количества серы поступают в почву с атмосферными осадками. Сера содержится и в таких веществах, как витамин В<sub>1</sub> (тиамин) и биотин. Имеют серу также и некоторые антибиотики, в частности пенициллин. Сера играет важнейшую роль в растительном (и животном) организме.

Действие ее связано с белковым обменом, окислительно-восстановительными процессами, энергетическим балансом организма, активированием энзимов, гормональными функциями, образованием хлорофилла и т.д.

Характерными признаками недостатка серы является хлороз, уменьшение размеров листьев, удлинение стеблей, деревянистость листьев и черешков. У злаков более чувствительны к недостатку серы корни, у бобовых и крестоцветных – зеленые части растений. Небольшое количество SO<sub>2</sub> в воздухе не вредит растительности. При повышенных количествах вред сильнее после дождей для растений молодых, широколистных и таких, у которых листья находятся ближе к поверхности земли.

## 5.11. Бор

Бор относится к числу так называемых рассеянных элементов и в небольших количествах встречается почти повсеместно. В земной коре его содержится 0,001%.

Велика роль бора в процессах опыления у растений, без этого микроэлемента пыльца не прорастает и неоплодотворенные цветки опадают. При недостатке бора у всех растений снижается семенная продуктивность.

Бор влияет на углеводный и белковый обмен в растениях, под его воздействием быстрее образуются белки и крахмал. Бор усиливает передвиже-

ние углеводов к плодам, влияет на накопление сахара в корнеплодах сахарной свеклы, крахмала в картофеле, стимулирует образование клубеньков на корнях бобовых растений.

Наибольшая потребность в боре выражена у льна, сахарной и кормовой свеклы, картофеля, клевера, люцерны, капусты.

Почвы, образовавшиеся на изверженных породах, беднее бором, чем образовавшиеся на осадочных породах. Количество бора в урожаях различных культур колеблется от 20 до 270 г на 1 га. Недостаток бора, прежде всего, сказывается у растений на репродуктивных органах; наблюдается снижение количества цветков, опадение завязей завязывания плодов. Уменьшение сбора семян (плодов) по отношению к общему урожаю растительной массы является довольно характерным признаком недостатка бора. Во всех случаях, когда урожай семян (плодов) значительно меньше нормального, следует проверить, не является ли это следствием недостатка бора для растений. Бор имеет большое значение для развития клубеньков на корнях бобовых.

При его недостатке в питательной среде клубеньки развиваются очень слабо. В этих условиях азотфиксирующая способность бактерий ослабляется. Бор необходим растениям в течение всего периода их жизни. Исключение его из питательной среды в любой фазе развития растений приводит к их заболеванию. При борном голодании растений происходит накопление крахмала и сахаров в листьях, нормальный отток их нарушается, что указывает на очень важную роль бора в передвижении и обмене углеводов в растении.

## 5.12. Медь

Медь содержится в небольших количествах во всех растительных и животных организмах. В растениях ее бывает обычно от 3 до 15 мг на 1 кг сухого вещества. Много содержится меди в отрубях пшеницы. Относительно богаты ею семена и растущие зеленые части растений.

Медь входит в состав окислительных ферментов, активизирует синтез витаминов группы В. Недостаток меди приводит к снижению активности синтеза белков.

Он участвует:

- в окислительно-восстановительных процессах растения;
- усиливает процесс дыхания;
- улучшает углеводный и белковый обмен;
- повышает водоудерживающую способность тканей растений, устойчивость растений к полеганию;
- медь способствует увеличению засухоустойчивости растений.

Одним из признаков недостатка меди для растений является хлороз (пожелтение) листьев, связанный с разрушением хлорофилла.

Недостаток меди в почве оказывает очень сильное влияние не только на растения, но также и на животных, потребляющих растения с низким содержанием меди в качестве корма. При недостатке меди в кормах отменено тяжелое заболевание крупного рогатого скота, носящее название лизухи (в связи с частым позывом заболевших животных к лизанию окружающих предметов).

У заболевших животных пропадает аппетит, продуктивность их резко снижается, падает содержание гемоглобина в крови, происходит общее истощение организма. Симптомы медного голодания у растений зависят от биологических особенностей растений и степени голодания. При слабо выраженном медном голодании может иметь место только задержка роста и снижение урожая; при сильно выраженном голодании – полная гибель растений. Характерными признаками заболевания растений от недостатка меди являются хлороз и побеление кончиков листьев у злаков, отмирание точки роста, после чего начинают расти боковые побеги, у злаков наблюдается пустозерность. Специальными опытами установлено, что медное голодание растений является причиной давно известного заболевания растений, которое

наблюдается на осушенных болотных почвах и носит различные названия: болезнь обработки, белая чума.

### **5.13. Марганец**

Соединения марганца широко распространены в природе. Он является необходимым элементом для жизни всех растений. По данным П.А. Власюка, марганец играет важную роль в процессе усвоения растениями нитратного и аммиачного азота, действуя в одном случае как восстановитель, а в другом как окислитель. При недостатке Mn работа ферментной системы, производящей восстановление нитратного азота, нарушается и имеет место накопление нитратного азота в растениях.

Этот микроэлемент находят во всех живых растительных клетках. Он регулирует ход окислительно-восстановительных процессов, участвует в синтезе аскорбиновой кислоты в растениях.

При недостатке Mn содержание хлорофилла падает вплоть до появления хлорозного заболевания растений; интенсивность фотосинтеза ослабевает. Марганец влияет также на углеводный обмен в растениях и повышает содержание витаминов.

### **5.14. Цинк**

Цинк широко распространен в природе; в небольших количествах он встречается повсеместно – в почвах, воде рек, озер и океанов, в горных породах. Среднее содержание цинка в земной коре составляет 0,02%. Цинк является необходимым элементом не только для растений, но также для животных и человека. Потребность в цинке составляет 12-16 мг в сутки для взрослого человека и 4-6 мг для детей.

Цинк входит в состав фермента карбоангидраза, активизирующего процесс разложения угольной кислоты, стимулирует образование ауксинов.

Недостаток цинка приводит к распаду белков. Потребность растений в цинке усиливается с повышением интенсивности освещения.

Цинк усиливает рост корневой системы и увеличивает устойчивость растений против болезней.

Количество цинка в почве составляет от 20 до 120 мг на 1 кг почвы, а в среднем около 50 мг. При недостатке цинка растения плохо развиваются или останавливаются в росте. Резко выраженное цинковое голодание приводит к заболеванию растений, цинк играет важную физиологическую роль в растениях. Установлено, что он входит в состав ряда ферментов и оказывает большое влияние на скорость окислительно-восстановительных процессов в растениях. Отмечено также большое значение цинка для процессов оплодотворения растений и развития зародыша. Цинк скапливается в частях растений, наиболее богатых витаминами.

### **5.15. Кобальт**

Общее количество кобальта в земной коре составляет около 0,002%. Кобальта в растениях находится от 0,01 до 0,6 мг на 1 кг сухого веса. Значение кобальта в сельском хозяйстве и медицине определяется, прежде всего, тем, что этот элемент выполняет очень важную физиологическую роль в организме животных и человека. Он участвует в процессах кроветворения и образования гемоглобина и является важной составной частью витамина В<sub>12</sub>. Дефицит кобальта устраняется при внесении навоза, фосфоритной муки, древесной золы.

Значительное количество кобальта содержится у бобовых культур, где он сосредоточен в клубеньках.

Он действует:

- на азотфиксирующую систему и на другие физиологические процессы;
- накапливается в пыльце и ускоряет её прорастание;



- входит в состав витамина В<sub>12</sub>;
- повышает засухоустойчивость растений.

### **5.16. Молибден**

Молибдена в почвах находится от 1,5 до 12 мг. При недостатке молибдена фиксация азота клубеньковыми бактериями, а также свободноживущими азотфиксаторами ослабевает. Клубеньки на корнях бобовых растений при недостатке молибдена развиваются слабо. Усиливая фиксацию атмосферного азота, Мо тем самым улучшает азотное питание бобовых растений. Кроме участия в процессе усвоения азота из воздуха, доказана большая роль Мо в синтезе и обмене белковых веществ в растениях, в частности в процессе восстановления нитратного азота. Выяснилось, что Мо входит в состав фермента нитратредуктазы. При недостатке Мо задерживается восстановление нитратов в растениях, происходит накопление их в тканях растения и нормальный ход белкового обмена нарушается, содержание белка уменьшается. Отмечено, что при удобрении нитратной формой азота растения в большей степени нуждаются в Мо, чем при внесении аммиачных форм. Недоразвитость листьев и головок у цветной капусты и желтая пятнистость у citrusовых вызываются молибденовой недостаточностью и полностью устраняются при внесении молибденовых удобрений. Наиболее чувствительными к недостатку Мо культурами являются люцерна, клевер и другие бобовые травы, а из небобовых растений – капуста цветная и кочанная, салат, шпинат, томаты и некоторые другие.

В растениях молибден участвует в восстановлении нитратов до аммиака при синтезе аминокислот и белковых веществ. Молибден входит в состав фермента нитратредуктазы, активизирующую этот процесс. Он имеет важное значение для деятельности клубеньковых бактерий, при фиксации атмосферного азота.

## 5.17. Кремний

После кислорода кремний наиболее распространен в твердой земной коре, составляя 27,7%, а в соединении  $\text{SiO}_2$  около 55% ее веса. Кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), главным образом в виде зерен кварца (песка) и алюмосиликатов, составляет 63-95% неорганической части почвы. Среди минеральных элементов по содержанию в растительной массе кремний занимает обычно четвертое (после N, Ca, K), а в злаковых культурах – первое место. Содержание  $\text{SiO}_2$  (в процентах от воздушносухого веса) в соломе злаковых культур колеблется от 1,3 до 3,6, в семенах злаковых и бобовых культур от 0,01 до 0,08 (без пленок), поднимаясь в пленках зерен и остях соответственно до 5 и 8,6%; в клубнях картофеля и корнеплодах содержится от 0,01 до 0,03%  $\text{SiO}_2$ . В золе соломы и листьев злаков  $\text{SiO}_2$  находится от 30 до 70%. Кремнекислота обладает защитным действием против вредного влияния на растения гидрата окиси алюминия. До ближайшего времени не удавалось выращивать растения, совершенно свободные от кремния. По данным последних, более тщательно проведенных опытов, очень небольшие дозы кремния (как микроэлемента) все же необходимы растениям.

## 5.18. Алюминий

Алюминий составляет 8,13% веса земной коры, являясь вслед за кислородом и кремнием одним из наиболее распространенных элементов в почве. В соединении с этими элементами он входит в состав различных почвенных минералов, глин, лесса и цеолитной (минеральной) части поглощающего комплекса почв. Подавляя нитрификацию, соли алюминия могут стимулировать деятельность в почве аммонифицирующих организмов.

Наличие подвижных форм алюминия в почве оказывает отрицательное влияние на растения. Вредное влияние алюминия на растения может вызываться неправильными приемами углубления пахотного слоя подзолистых

почв, применением высоких доз физиологически кислых удобрений, систематическим их внесением на кислых подзолистых почвах. Вредное действие алюминия устраняется известкованием почв, применением навоза и хорошим обеспечением растений фосфором, особенно в начальном периоде их развития. Положительную роль играет также хорошая аэрация почв путем их соответствующей обработки и борьбы с избыточным увлажнением.

### 5.19. Редкие и рассеянные элементы

Таблица 25 – Содержание редких и рассеянных элементов в зональных почвах Русской равнины

(в % от сухого веса почв)	(по Виноградову)
Li - от $1 \cdot 10^{-4}$ до $9,1 \cdot 10^{-9}$	Se - меньше $n \cdot 10^{-6}$
B - от $1,2 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-3}$	Br - от $1,0 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-3}$
F - от $1 \cdot 10^{-2}$ до $3 \cdot 10^{-2}$	Rb - от $1,9 \cdot 10^{-3}$ до $8,9 \cdot 10^{-3}$
Ti - от 0,25 до 0,80	Sr - от 0,013 до 0,26
U - от $7,5 \cdot 10^{-3}$ до $2,5 \cdot 10^{-2}$	Zr - около 0,03
Cr - около $5 \cdot 10^{-3}$	Mo - от $1,5 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-4}$
Mn - от 0,01 до 0,21	Cd - около $2 \cdot 10^{-4}$
Co - от $1,2 \cdot 10^{-4}$ до $1,3 \cdot 10^{-3}$	I - от $3,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-3}$
Ni - от $1 \cdot 10^{-3}$ до $6,5 \cdot 10^{-3}$	Ba - от 0,01 до 0,20
Cu - от $5 \cdot 10^{-4}$ до $2,6 \cdot 10^{-3}$	Tl - от $1,4 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^{-2}$
Zn - около $5 \cdot 10^{-3}$	Pb - от $3,8 \cdot 10^{-4}$ до $4,3 \cdot 10^{-3}$
Ga - около $1 \cdot 10^{-4}$	Ra - от $1,9 \cdot 10^{-10}$ до $2,9 \cdot 10^{-11}$
Ge - около $1 \cdot 10^{-4}$	Th - от $2,6 \cdot 10^{-4}$ до $9,6 \cdot 10^{-4}$
As - от $1,2 \cdot 10^{-4}$ до $9,0 \cdot 10^{-4}$	

Отмечается важная физиологическая роль микро- и ультрамикрорезлементов. Ряд из них входит в состав витаминов:  $B_{12}$  – кобальт, D – фтор и йод, A – железо,  $B_1$  – медь и марганец и т. д. Многие элементы (Al, J, F, Zn, Co, C, V, Mn и др.) производят активизирующее или тормозящее действие на деятельность отдельных ферментов, гормонов, витаминов. Некоторые элементы (Zn, Mn, Co, F, Br, J и др.) концентрируются в эндокринных железах. Резкие отклонения от обычной нормы содержания ряда элементов в растениях и в связи с этим в продуктах питания (относительный их избыток или недоста-

ток) нарушают нормальный обмен веществ у человека и животных. Специфические заболевания растений, животных и человека, вызванные недостатком или, напротив, избытком некоторых элементов в почве, охватывают довольно обширные территории, именуемые биогеохимическими провинциями.

Биогеохимические эндемии у животных и растений могут быть вызваны как макро-, так и микроэлементами. Характерной особенностью последних является относительно высокая амплитуда колебания их процентного содержания в растениях в зависимости от состава почвы.

Бериллий и стронций могут вызывать у животных бериллиевый и стронциевый рахиты в результате нарушения отношения этих элементов в пище к кальцию и фосфору. Эндемии, связанные с явлениями деформации костей и их ломкостью (остеопорозисом), преимущественно вызываются относительным недостатком кальция и фосфора.

Недостаток йода в пище вызывает у людей и животных появления эндемического зоба. Избыток фтора в питьевой воде вызывает крапчатость эмали зубов человека и животных.

Животные, как и растения, являются концентратами брома. Соли брома и его органические соединения давно применяются в медицине. Избыток селена в почве вызывают эндемические заболевания. Содержание селена 0,5% в корме, 0,05% в молоке и воде является вредным. У крупного рогатого скота наблюдается гематурия (элементы крови в моче, преимущественно эритроциты). Болезнь связана с повышенным содержанием в почвах и растительности свинца.

Распространенные заболевания скота под названием НЗ (неизвестных заболеваний) также связаны с проявлениями биогехимических эндемий. Несомненно существуют переходы между здоровым и больным состоянием организмов в скрытом виде. Все это подчеркивает важность выяснения оптимум концентраций и соотношений не только для макроэлементов, но и вообще для всех элементов, имеющих, то или иное биогенное значение, а также

необходимость выяснения тех вредных отклонений, которые могут встречаться в среде обитания растительных и животных организмов.

## 6. ХАРАКТЕРИСТИКА УДОБРЕНИЙ

### 6.1. Классификация удобрений

В русском языке слово *удобрение* применяется для обозначения, как процесса удобрения почвы, так и вносимого в нее вещества (навоз, минеральные туки и др.). Под удобрениями понимаются не только элементы питания растений, но и вещества (и бактериальные препараты), внесение которых способствует мобилизации элементов питания, содержащихся в почве, и улучшает ее структуру, физические, химические, биологические и иные свойства.

Удобрения вносятся не только в почву, но и поверхностно на листья растений или в стволы деревьев (внекорневое питание) и даже в воздух (удобрение углекислотой).

Все удобрения могут рассматриваться как вещества, вносимые для непосредственного или косвенного воздействия на питательный режим растений. Вот почему уже давно установилось деление удобрений на *прямые* и *косвенные*.

Удобрения могут быть также разделены на несколько групп по их происхождению, химическому составу и конструкции (структуре). По химическому составу удобрения распределяются на четыре основные группы: органические, минеральные, органо-минеральные и бактериальные. Далее деление этих групп может быть сделано, по питательным элементам, входящим в состав удобрения, и будет совпадать с их делением по агрономическому назначению.

Практически при изложении вопросов удобрений не выдерживается единый принцип их классификации, и в основу выделения различных групп кладутся их различные свойства.

### **6.1.1. Классификация удобрений по их агрономическому назначению**

I. *Прямые* — вносимые для питания растений содержащимися в удобрении питательными элементами. Сюда относятся:

1. *Односторонние*, содержащие один питательный элемент, а именно:

а) азотные (минеральные или органические), б) фосфорные, в) калийные, г) магниевые, д) серные, е) борные и другие микроудобрения, ж) углекислые.

2. *Многосторонние*, содержащие одновременно два или большее число питательных элементов, а именно: а) двойные: азотно-фосфорные, азотнокалийные, фосфорно-калийные; б) тройные: азотно-фосфорно-калийные и т. п. (полное минеральное удобрение); в) содержащие больше число питательных элементов.

II. *Косвенные* — вносимые для улучшения свойств почвы или влияющие на мобилизацию находящихся в ней питательных веществ. Сюда относятся:

1. Средства химической мелиорации: а) нейтрализация кислотности почв известкование), б) мелиорация солонцов (гипсование).

2. Бактериальные удобрения, для усиления биологических процессов в почвах.

3. Удобрения для кислования почв, с целью усиления растворения  $P_2O_5$  (бисульфат натрия).

### **6.1.2. Классификация удобрений по их происхождению, способу и месту получения**

#### *I. Хозяйственные, или местные, удобрения.*

1. Удобрения, получаемые непосредственно в хозяйстве в качестве отбросов хозяйственной деятельности (навоз, навозная жижа, компосты, зола).

2. Удобрения, создаваемые в самом хозяйстве в результате агротехнических мероприятий (зеленое удобрение).

3. Удобрения, добываемые местными силами на территории хозяйства или вблизи него (торф, известь, известковые туфы, болотный ил).

4. Отбросы городов и поселений (мусор, фекалии).

5. Отходы промышленности.

#### *II. Заводские, промышленные, искусственные удобрения.*

1. Продукты добычи и размола агроруд (фосфоритная мука, сырые калийные соли).

2. Продукты заводской, химической переработки агроруд (суперфосфат, преципитат, термофосфаты и т. п.).

3. Продукты синтетической азотной промышленности (азотные и сложные удобрения).

4. Продукты из отходов промышленности (томасшлак, фосфатшлак, сульфат аммония коксовальных установок).

5. Препараты, получаемые в результате деятельности микробиологических лабораторий или специальных заводов по размножению определенных видов микроорганизмов (бактериальные удобрения).

### **6.1.3. Классификация минеральных удобрений по их конструкции**

*I. Простые удобрения, содержащие питательный элемент в одной основной форме.*

II. *Смешанные удобрения*, механические смеси различных удобрений, частицы смеси, различные по своему составу. 1. Смеси простых удобрений.

2. Смеси с участием сложных удобрений.

III. *Сложные удобрения*, содержащие несколько питательных элементов в однородных частицах. 1. *Комбинированные удобрения*: безбалластные концентраты – одна форма питательного элемента является катионом, другая анионом соли.

2. *Контактные удобрения*: содержат дополнительные элементы — продукты сплавления или совместной кристаллизации комбинированных и простых удобрений.

## **6.2. Минеральные удобрения**

### **6.2.1. Азотные удобрения**

Общие вопросы применения основных форм азотных удобрений

Формы азотных удобрений различаются между собой по следующим признакам:

а) физиологическая реакция (потенциальная кислотность или щелочность), б) форма соединения азота (нитратная, аммиачная, амидная) и в) дополнительные компоненты (Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Ca).

Значение каждого из указанных здесь признаков будет различным в зависимости от почвенно-климатических условий, биологических особенностей возделываемых растений и приемов использования удобрений.

По физиологической реакции азотные удобрения могут быть разделены на следующие группы:

1) физиологически и биологически кислые удобрения – сульфат аммония, хлористый аммоний, сульфонитрат аммония (лейна- и монтан-селитра), аммиачная селитра, мочевины, бикарбонат аммония, жидкий или водный аммиак;



2) физиологически щелочные удобрения – кальциевая селитра, натриевая селитра, калийная селитра, цианамид кальция;

3) нейтральные удобрения – известково-аммиачная селитра.

Азотные удобрения по химическому составу делятся на 5 групп: аммиачно-нитратные, нитратные, аммиачные, амидные и жидкие аммиачные удобрения.

Отечественная промышленность производит главным образом аммиачно-нитратные минеральные удобрения:

**Аммиачная селитра** (нитрат аммония, азотно-кислый аммоний –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) содержит 34% азота, выпускается в виде гранул, очень гигроскопична, на воздухе отсыревает и слёживается. Для снижения слёживаемости добавляют неорганические вещества – тонкоразмолотый фосфорит, известняк, гипс.

При недостатке в почве кальция (на кислых почвах) внесение аммиачной селитры может вызвать некоторое подкисление почвенного раствора, которое носит временный характер.

Аммиачная селитра – универсальное удобрение, оказывает положительное влияние на все растения на всех почвах, применяется как основное удобрение и в виде подкормки.

**Нитратные удобрения** содержат азот в окисленной форме ( $\text{NO}_3$ ). К нитратным удобрениям относятся натриевая ( $\text{NaNO}_3$ ) и кальциевая  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  селитры.

**Натриевая селитра** содержит 15-16% азота и 26% натрия. Представляет собой белую кристаллическую соль, хорошо растворимую в воде.

Удобрение обладает заметной гигроскопичностью, поэтому имеет предрасположенность к слёживанию. Натриевая селитра – физиологически щелочное удобрение. Вследствие этого длительное применение данного удобрения на кислых почвах оказывает нейтрализующее действие. Натриевая селитра положительно влияет на корнеплодные культуры, повышает их урожай и сахаристость.

**Кальциевая селитра** содержит 15,5% азота, очень гигроскопична и требует для хранения сухих помещений и влагонепроницаемой тары. Это физиологически щелочное удобрение и его вносят на кислых почвах и под культуры с высоким выносом калия – зернобобовые, клевер, люцерну.

К аммиачным удобрениям относятся сульфат аммония, хлористый аммоний, жидкие аммиачные удобрения.

**Сульфат аммония**  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  содержит 20,5-21% азота, по внешнему виду это мелкокристаллическая соль белого цвета или с различными оттенками. Удобрение хорошо растворимое в воде, в сухом состоянии обладает хорошими физическими свойствами – мало слеживается при хранении, хорошо рассеивается при внесении. Азот сульфата аммония удерживается почвой, не вымывается, его широко используют на орошаемых полях.

Сульфат аммония – физиологически кислое удобрение, его не желательно использовать на кислых почвах.

В связи с тем, что сульфат аммония содержит 23-24% серы, он является источником серного питания растений и его лучше использовать под свеклу, крестоцветные и бобовые культуры.

**Хлористый аммоний**  $\text{NH}_4\text{Cl}$  содержит 24-25% азота, по внешнему виду – белая кристаллическая соль, хорошо растворимая в воде. Удобрение не слеживается и хорошо рассеивается при внесении.

Удобрение физиологически кислое и его желательно нейтрализовать при внесении (как и сульфат аммония). Для этого удобрение желательно смешать с молотой известью (1:1,5) или фосфорной мукой (1:2).

В связи с тем, что удобрение содержит много хлора его желательно вносить с осени. Ионы хлора почвой не поглощаются и при осеннем внесении удобрения легко могут быть удалены из корнеобитаемого слоя осадками.

**Амидные удобрения** содержат азот в амидной форме  $(\text{NH}_2)$ . Мочевина (карбамид)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  содержит 46% азота, гранулированное удобрение, слеживается слабо. Мочевина применяется в качестве основного удобрения на

всех почвах и под различные культуры. Мочевину можно вносить при посеве, а также в качестве подкормки (прикорневой и некорневой).

### **Жидкие азотные удобрения**

**Безводный аммиак** – высококонцентрированное азотное удобрение (82% азота). Получается путём сжижения газообразного аммиака под давлением. По внешнему виду это бесцветная подвижная жидкость. Жидкий аммиак хранят и перевозят в специальных толстостенных стальных цистернах, рассчитанных на давление 20 и более атмосфер.

**Аммиачная вода** – водный раствор аммиака. Первый сорт аммиачной воды содержит 20,5% азота (25%-ый аммиак), второй сорт – 16,4% азота (20%-ый аммиак).

Аммиачную воду можно перевозить и хранить в герметичных резервуарах из обычной углеродистой стали, рассчитанных на невысокое давление (0,4 атм.).

Жидкие азотные удобрения вносят в почву специальными машинами, обеспечивающими немедленную заделку их на глубину 10-12 см на тяжёлых и 14-18 см на лёгких почвах. При такой заделке жидкий аммиак из почвы не улетучивается.

Жидкие азотные удобрения применяют под все сельскохозяйственные культуры в качестве до посевного (основного) удобрения.

Химический состав и агрономические свойства азотных удобрений отражены в таблице 16.

### **6.2.2. Фосфорные удобрения**

Все виды фосфорных удобрений делятся на 3 группы: - растворимые в воде; - не растворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах и потому доступные растениям; - нерастворимые в воде и плохо растворимые в слабых кислотах. Это фосфаты не усвояемы для подавляющего большинства куль-

тур, если эти соединения не разлагаются под действием кислотности почв (нерастворимые фосфаты).

### **Фосфорные удобрения, содержащие воднорастворимые фосфорные соединения**

**Суперфосфат простой** – вещество белого или серого цвета. Порошкообразный суперфосфат содержит 16-20%  $P_2O_5$ , гранулированный суперфосфат с содержанием 20-22%  $P_2O_5$ . Суперфосфат не слеживается, хорошо рассеивается, не вымывается из почвы. Простой суперфосфат применяется как основное и припосевное удобрение на всех почвах.

**Двойной суперфосфат** – высококонцентрированное гранулированное фосфорное удобрение, содержит до 45%  $P_2O_5$ . Применяется как основное и припосевное удобрение на всех почвах и под все культуры.

### **Фосфорные удобрения, содержащие фосфорные соединения, не растворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах.**

**Преципитат** – порошок белого или светло-серого цвета, не слеживается и хорошо рассеивается. Содержит от 27 до 35% циторастворимого  $P_2O_5$  (Циторастворимый  $P_2O_5$  – извлекаемый щелочным раствором лимоннокислого аммония).

Преципитат используется в качестве основного удобрения, разбрасываемого равномерно по полю под вспашку. На кислых почвах преципитат даже превосходит суперфосфат по действию на урожай.

**Томасшлак** – отход металлургической промышленности. Его получают при переработке железных руд, богатых фосфором.

В состав томасшлака входит комплексная соль тетракальциевого фосфора и кремнекислого кальция. Удобрение содержит не менее 14% лимоннорастворимой  $P_2O_5$ , используется только как основное удобрение. Лучше действует на кислых почвах.

**Обесфторенный фосфат** – порошок желтовато-серого цвета, не слеживается, хорошо рассеивается, содержит 28-32%  $P_2O_5$ . Применяется как основное удобрение под все сельскохозяйственные культуры.

Таблица 26 – Химический состав и агрономические свойства азотных удобрений

Удобрение, содержание N, в %	Растворимость в воде	Слѣживаемость	Рассеиваемость (сыпучесть)	Действие на почву	Для каких почв	Для каких культур	Рациональный способ внесения
1	2	3	4	5	6	7	8
Аммиачная селитра $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 34%	Очень сильная	Слабая	Удовлетворительная	Умеренно подкисляет	Для всех	Для всех	В качестве основного удобрения, в рядки при посеве
Мочевина (карбамид) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 46%	Сильная	Слабая	Хорошая	Подкисляет	Для некислых почв, на кислых почвах при условии известкования	Для всех	Для всех способов внесения
Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 20,5-21%	Сильная	Слабая	Хорошая	Сильно подкисляет почву	Для некислых почв, на кислых почвах при условии известкования	Для всех, но лучше под картофель, свѣклу, бобовые	В качестве основного удобрения, осенью под вспашку или дисковку
Хлористый аммоний $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 24-25 %	Хорошая	Слабая	Хорошая	Сильно подкисляет почву	Для некислых почв, на кислых почвах при условии известкования	Для нечувствительных к хлору культур, непригоден для картофеля	В качестве основного удобрения, лучше вносить с осени под зябь или дисковку
Натриевая селитра $\text{NaNO}_3$ , 15-16 % N	Сильная	Незначительная	Удовлетворительная	Слегка подщелачивает	Для кислых почв	Для всех культур, но особенно для корнеплодов	В качестве основного удобрения
Кальциевая селитра $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 15,5%	Сильная	В герметической таре не слѣживается	Удовлетворительная	Слегка подщелачивает	Для кислых почв	Для всех культур, кроме картофеля	В качестве основного удобрения
Аммиак безводный $\text{NH}_3$ , 82% Аммиачная вода $\text{NH}_4\text{OH}$ , 16,4-20,5%				Подщелачивает, а затем, после нитрификации подкисляет	Для всех почв	Для всех культур	В качестве основного удобрения под вспашку или культивацию

Таблица 27 – Химический состав и агрономические свойства фосфорных удобрений

Удобрение, содержание $P_2O_5$ в %	Растворимость	Рассеиваемость (сыпучесть)	Действие на почву	Для каких почв	Для каких культур	Рациональный способ внесения
1	2	3	4	5	6	7
Суперфосфат простой, гранулированный, 20-22%	Воднорастворимый	Очень хорошая	Очень слабое подкисление	Для всех почв	Для всех культур	В качестве основного удобрения под зябь или культивацию, для рядкового внесения
Суперфосфат двойной гранулированный, до 45 %	Воднорастворимый	Очень хорошая	Очень слабое подкисление	Для всех почв	Для всех культур	В качестве основного удобрения, для рядкового внесения, подкормки пропашных культур
1	2	3	4	5	6	7
Преципитат, до 35%	Цитратно-растворимый	Хорошая	Уменьшает кислотность	Для всех почв	Для всех культур	В качестве основного удобрения под вспашку или культивацию
Обесфторенный фосфат, 28-32%	Цитратно-растворимый	Хорошая	Уменьшает кислотность	Для всех почв	Для всех культур	В качестве основного удобрения под вспашку или культивацию
Фосфоритная мука, 19-25%	Труднорастворимая	Хорошая	Уменьшает кислотность	Для кислых почв	Для всех культур (на кислых почвах)	В качестве основного удобрения под вспашку или культивацию

### Нерастворимые фосфаты

Фосфоритная мука выпускается со следующим содержанием  $P_2O_5$ : высший сорт – 25%, первый сорт – 22%, второй сорт – 19%.

Удобрение имеет вид коричневатого тонкоразмолотого порошка, не слеживается, хорошо рассеивается.

Основным почвенным фактором, определяющим эффективность фосфоритной муки, кроме потребности почвы в фосфатах, является кислотность почвы. При щелочной и нейтральной реакции почвенного раствора фосфоритная мука не усваивается злаками. При кислой реакции (рН 5,5 и ниже), она уже эффективна.

Хорошие результаты даёт использование фосфоритной муки в компостировании с кислым торфом или навозом. Эти компосты можно использовать под все культуры.

Как непосредственное (основное) удобрение фосфоритная мука используется на кислых почвах. Химические и агрономические свойства фосфорных удобрений отражены в таблице 27.

### **6.2.3. Калийные удобрения**

Калийные удобрения подразделяются на две основные группы: сырые калийные соли и концентрированные калийные удобрения.

**Серые калийные удобрения.** Эти удобрения получают путём механической переработки природных калийных полей.

Сильвинит – смесь хлористого калия с хлористым натрием, содержит 12-18%  $K_2O$  и 35-40%  $Na_2O$ . Удобрение представляет из себя кристаллы розовато-бурого цвета, хорошо растворимые в воде.

Сильвинит обладает значительной гигроскопичностью и при хранении слеживается, применяется под основную обработку почвы.

Карналлит – двойная соль хлористого калия и хлористого магния ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), содержит до 13%  $K_2O$ .

В связи с низким содержанием  $K_2O$  сырые калийные соли не рентабельны при перевозке их на большие расстояния из-за высокой стоимости транспортных расходов. Поэтому их используют в районах, близко расположенных к местам добычи.

#### **Концентрированные калийные удобрения.**

**Хлористый калий** – KCl содержит до 60% K<sub>2</sub>O. Это основное калийное удобрение, составляющее до 90% общего производства калийных удобрений. Обладает незначительной гигроскопичностью, при хранении слеживается. Хлористый калий – физиологически кислое удобрение, пригоден под все культуры, в условиях региона обычно выносятся с осени, под основную обработку (осадки вымывают значительную часть хлора).

Калийная соль содержит 41-44% K<sub>2</sub>O. Это удобрение получают путем смешивания хлористого калия с сильвинитом, представляет из себя мелкие пёстро окрашенные кристаллы.

В нашем регионе удобрение рекомендуется под овощные культуры (морковь, капусту и т.д.).

### **Безхлорные калийные удобрения**

**Сульфат калия** – K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (сернокислый калий). В технических сортах, идущих на удобрение, содержится от 45 до 52% K<sub>2</sub>O.

Сульфат калия обладает хорошими физическими свойствами, не гигроскопичен и не слеживается. В связи с тем, что удобрение не содержит хлора, оно хорошо идёт под картофель, гречиху и другие культуры.

**Сульфат калия-магния** (калимагнезия) – двойная соль сернокислого калия и магния (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·MgCO<sub>4</sub>), содержит 26-28% K<sub>2</sub>O и 9% MgO, не слеживается.

Это удобрение, как и сульфат калия, используется в регионе под картофель, овощные культуры.

Калимаг (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·2MgSO<sub>4</sub>) – содержит до 19% K<sub>2</sub>O и 8-9% MgO и около 1% NaCl. Используется под те же культуры, что сульфат калия и калимагнезия.

Химический состав и агрономические свойства калийных удобрений отражены в таблице 28.



Таблица 28 – Химический состав и агрономические свойства калийных удобрений

Удобрение, содержание K <sub>2</sub> O в %	Слѣживаемость	Рассеиваемость	Действие на почву	Для каких культур	Рациональный способ внесения
1	2	3	4	5	6
Хлористый калий (KCl), до 60%	Сильно слѣживается	Хорошая в сухом состоянии	Подкисляет почву	Для всех культур	В качестве основного удобрения, лучше осенью под зябь или культивацию
Калийная соль (KCl+NaCl), 40%	Слѣживается	Удовлетворительная в сухом состоянии	Подкисляет почву	Для культур малочувствительных к хлору и положительно отзывающихся на натрий	В качестве основного удобрения (осенью под зябь)
Сульфат калия (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), 45-52%	Не слѣживается	Хорошая	Подкисляет почву	Для культур чувствительных к хлору (картофель, гречиха)	В качестве основного удобрения
Сульфат калия-магния (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> ), 26-28%	Не слѣживается	Хорошая	Подкисляет почву	Для культур чувствительных к хлору и требующих магния (картофель, овощи, бобовые, в т.ч. бобовые травы)	В качестве основного удобрения
Калимаг (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2MgSO <sub>4</sub> с примесью NaCl), до 19%	Не слѣживается	Хорошая	Подкисляет почву	Для культур чувствительных к хлору и требующих магния (картофель, овощи, бобовые, в т.ч. бобовые травы)	В качестве основного удобрения

#### 6.2.4. Комплексные минеральные удобрения

Комплексные удобрения содержат два и более основных элементов питания растений (азот, фосфор, калий). В их состав могут входить также магний, сера и микроэлементы.

В зависимости от способа приготовления комплексные удобрения можно разделить на три основных вида: сложные удобрения, сложно смешанные удобрения и смешанные удобрения.

Сложные удобрения производят в едином технологическом цикле в результате химического взаимодействия исходных компонентов. Отличительным признаком сложного удобрения является наличие в каждой частице удобрения нескольких питательных элементов в определенном соотношении.

Сложносмешанные удобрения также как и сложные удобрения, производят в едином технологическом цикле смешиванием порошкообразных односторонних удобрений с введением в смесь аммиака, кислот, пара, воды с последующим гранулированием.

Сложные и сложносмешанные удобрения имеют следующие преимущества:

- высокая концентрация питательных элементов, отсутствие или небольшое содержание балластных компонентов;
- высокая эффективность удобрений при наличии в общих очагах азота, фосфатов и калия;
- меньшие расходы на хранение, перевозку и внесение удобрений.

Смешанные удобрения или тукосмеси производят путем механического смешивания двух и более простых удобрений. Смеси удобрений разнообразны по составу, их легко приспособить к требованиям различных сельскохозяйственных культур по концентрации и соотношению питательных веществ. Этим они отличаются от сложных удобрений, имеющих постоянный состав.

### **Сложные удобрения**

**Аммофос** ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) содержит 11-12% азота, 46-60%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , соотношение между азотом и фосфором равно 1:4 или 1:5.

**Диаммофос**  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$  содержит 18% азота и до 50%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , соотношение между азотом и фосфором 1:2,5.

**Полифосфат аммония** содержит 13-15% азота и 60-65%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

К сложным удобрениям также относятся магний-аммоний фосфат и калийная селитра.

**Магний – аммоний фосфат** содержит 10,9% азота, 45,7%  $P_2O_5$  и 25,9%  $MgO$ . Это удобрение целесообразно использовать под картофель, овощные культуры и кормовые корнеплоды.

**Калийная селитра** ( $KNO_3$ ) содержит 13% азота и 46% окиси калия. Удобрение не гигроскопично, не слеживается, хорошо рассеивается. Применяется под овощные культуры, как в открытом, так и в закрытом грунте.

### Сложносмешанные удобрения

Промышленностью выпускается несколько видов гранулированных сложносмешанных минеральных удобрений с различным содержанием и соотношением двух или трёх элементов питания.

Таблица 29 – Характеристика комплексных удобрений

Название удобрения. Содержание действующего вещества $N:P_2O_5:K_2O$ , %	Растворимость в воде	Для каких культур	Рациональный способ применения
Аммофос 11:50:0	Хорошая	Для всех культур	В качестве основного удобрения, предпосевного под зерновые, пропашные культуры, рапс на семена
Диаммофос 18:49:0	Хорошая	Для всех культур	Лучше применять в качестве припосевного рядкового удобрения под зерновые, картофель и овощные культуры
Калийная селитра 13:0:46	Хорошая	Овощные культуры, картофель, корнеплоды	Как основное удобрение и в виде подкормок под картофель, овощи и кормовые корнеплоды
Нитрофос 23,5:17:0	Хорошая	Для всех культур	В качестве основного удобрения, а также припосевного рядкового удобрения
Нитроаммофос 23:23:0	Хорошая	Для всех культур	Как основное удобрений, а также припосевного рядкового внесения
Нитрофоска 16:16:13	Хорошая	Для всех культур	Как основное удобрение, а также припосевного рядкового внесения
Азофоска 16:16:16	Хорошая	Для всех культур	Как основное удобрение, а также припосевного рядкового внесения

К этим удобрениям относятся:

- **Нитрофос** содержит 23,5-24% N и 14-17% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;
- **Нитроаммофос** содержит 23% N и 23% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;
- **Нитрофоска** выпускается нескольких видов с содержанием от 12 до 16% азота, от 12 до 16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 12-13% K<sub>2</sub>O.
- **Азофоска** с содержанием 16% азота, 16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 16% K<sub>2</sub>O.

Характеристика ряда комплексных удобрений показана в таблице 29.

### **Смешанные удобрения (тукосмеси)**

Эти удобрения представляют собой механическую смесь удобрений, содержащую два и более питательных элемента. Смешивают удобрения в том случае, если необходимо внести на одно поле несколько видов питательных веществ. Тукосмеси имеют преимущество перед однокомпонентными удобрениями: уменьшается число проходов агрегатов по полю, сокращаются сроки внесения, снижаются трудовые и денежные затраты.

Для приготовления смесей используют тукосмесительные установки типа СМУ-30. Эта установка позволяет качественно подготовить двух и трёхкомпонентные смеси минеральных удобрений.

При смешивании удобрений необходимо соблюдать определенные ограничения. В процессе приготовления и хранения компоненты смесей удобрений могут проявлять высокую реакционную способность, вступать в химическое взаимодействие друг с другом, что может повлиять на качество получаемых смесей. Схема смешивания удобрений представлена в приложении 5.

### **6.2.5. Микроудобрения**

Наряду с азотными, фосфорными, калийными и другими минеральными удобрениями большое значение имеют микроудобрения: борные, молибденовые, медные, цинковые, марганцевые и другие, которые при правильном применении значительно повышают урожайность и качество многих сельскохозяйственных культур.

**Борные микроудобрения.** Чаще всего бедны бором дерново-подзолистые, дерново-глеевые, торфянистые почвы. Наиболее отзывчивы на бор сахарная свекла, кормовые корнеплоды, клевер, люцерна, гречиха, зернобобовые культуры, овощные и плодово-ягодные культуры.

Выпускаемые в настоящее время борные удобрения содержат бор в форме хорошо растворимой в воде борной кислоты.

Наиболее распространены следующие борные удобрения:

**Гранулированный боросуперфосфат** представляющий собой светло-серые гранулы, содержащие 18,5-19,3  $P_2O_5$  и 1% борной кислоты.

**Двойной боросуперфосфат** – гранулированное удобрение, содержащее 40-42%  $P_2O_5$  и 1,5% борной кислоты.

**Борная кислота** ( $H_3BO_3$ ), мелкокристаллический порошок белого цвета, содержит 17 % бора, легко растворяется в воде.

**Бура** ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) – содержит 11,3% бора, легко растворяется в воде.

**Бормагниевое удобрение** – тонкий порошок серого цвета, являющийся отходом производства борной кислоты, содержит до 13% борной кислоты и 20% окиси магния.

**Борнодатолитовое удобрение** представляет собой порошок светло-серого цвета, содержит около 2% бора.

Борные микроудобрения используют для внесения в почву, для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки растений.

В почву вносят: гранулированный и двойной боросуперфосфат, бормагниевое и борнодатолитовое удобрение.

Обработку семян осуществляют путём их опрыскивания раствором борной кислоты с концентрацией не более 0,05% (1 гр. борной кислоты растворяют в 2 л воды и опрыскивают 1 ц семян).

Некорневую подкормку растений проводят раствором борной кислоты. При наземном опрыскивании используют 100-150 гр. борной кислоты на 1 га. Борную кислоту растворяют в 300-400 л воды и производят опрыскивание

посевов, при обработке растения должны иметь хорошо развитую вегетативную массу.

### **Молибденовые микроудобрения**

Из молибденовых удобрений наиболее распространены следующие:

**Молибдат аммония** ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) представляет собой мелкокристаллическую соль белого цвета, содержит около 50% молибдена, хорошо растворяется в воде.

**Молибдат аммония-натрия** ( $\text{NH}_4\text{NaMoO}_4$ ) – соль с желтоватым оттенком, содержит около 35% молибдена, хорошо растворима в воде.

**Молибденированный гранулированный суперфосфат** содержит 18-20%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 0,1-0,2% молибдена.

Молибденовые удобрения используют главным образом под бобовые культуры, кукурузу, овощные культуры, картофель, гречиху.

Молибденовые удобрения можно вносить в почву, использовать для предпосевной обработки семян, а также некорневой подкормки растений.

При внесении удобрений в почву дозы рассчитываются так, чтобы на 1 га приходилось около 1 кг молибдена.

Предпосевную обработку семян молибденом рекомендуется совмещать с их протравливанием. На 1 ц семян гороха, вики и других крупносеменных культур используют 50 г молибдата аммония или 80 г молибдата аммония-натрия, растворимого в 2 л воды.

На 1 ц семян мелкосеменных культур (клевер, люцерна) расходуют 500-800 г микроудобрений, которые растворяют в 3-5 л воды.

Для внекорневой подкормки на 1 га посева вносят 100-150 гр молибдена, который растворяют в 300 л воды при наземной обработке, и в 100 л воды при опрыскивании посевов с самолёта.

### **Медные микроудобрения**

Медные удобрения наиболее эффективны на торфяных, легких песчаных и осушенных болотных почвах. Прежде чем вносить медные удобрения, необходимо знать потребность в них растений на конкретной почве.

Растения испытывают недостаток меди, а почвы считаются бедными по содержанию этого элемента при содержании 1-2,5 мг меди на 1 кг почвы.

В качестве медных удобрений широко используют сернокислую медь и отходы промышленности, содержащие медь.

**Сернокислая медь** (медный купорос –  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), мелкокристаллическая соль голубовато-синего цвета, содержит 25,4% меди, хорошо растворима в воде.

**Пиритные огарки** – отходы промышленности при производстве серной кислоты, меди в них содержится 0,3-0,7%. Кроме того, в этих отходах содержится железо, марганец, кобальт, цинк, молибден.

На территории Иркутской области нет промышленных предприятий по производству серной кислоты, медеплавильных заводов. Поэтому основным медьсодержащим удобрением является сернокислая медь (медный купорос).

Сернокислую медь используют для обработки семян и некорневой подкормки растений. Семена обрабатывают путем их опрыскивания, концентрация раствора 0,01-0,02%, расходуется от 2-3 л на 1 ц семян. Для некорневой подкормки применяют концентрацию медного купороса 0,02-0,05%. При наземном опрыскивании расходуют 300-400 л раствора на 1 га.

Наиболее отзывчивы на медь зерновые и зернобобовые культуры, многолетние травы (клевер), корнеплоды, плодово-ягодные культуры.

### **Цинковые микроудобрения**

Цинковые удобрения применяют в основном под хлопчатник, кукурузу, плодово-ягодные культуры и овощи.

В качестве цинкового удобрения в основном используется **сернокислый цинк** ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Он содержит 25% цинка, представляет из себя белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде.

В Иркутской области проводились производственные опыты по предпосевной обработке семян зерновых культур сернокислым цинком. По результатам опытов было подтверждено, что цинковые удобрения положитель-

но повлияли на увеличение мощности корневой системы растений и повышение их урожайности.

Обработку семян проводили путём опрыскивания раствором сернокислого цинка. На 1 ц семян использовалось 2-3 л раствора в концентрации 0,05-0,1%. Для некорневой подкормки используется 100 гр сернокислого цинка на 1 га, который растворяют в 300-400 л воды и производят опрыскивание посевов.

### Марганцевые микроудобрения

Опыты по применению марганцевых микроудобрений в условиях региона не проводились.

Характеристика наиболее используемых микроудобрений отражена в таблице 30.

Таблица 30 – Характеристика наиболее используемых микроудобрений

Название удобрения	Содержание действующего вещества, %	Под какие культуры	Доза	Способ применения
1	2	3	4	5
Борный суперфосфат гранулированный	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –18,5-19,3%, В – 0,2%	Кормовые корнеплоды, сахарная свекла, клевер, люцерна, гречиха, зернобобовые культуры, овощные и плодово-ягодные культуры	200-400 кг/га  100-150 кг/га	Основное (допосевное) внесение  Рядковое (припосевное) внесение
Бормагниевое удобрение	В – 2,2%, MgO–15,0-20%	То же	30-40 кг/га	Основное или припосевное внесение в почву в смеси с основными удобрениями
Борная кислота	В – 17,0%	Обработка семян  Кормовые корнеплоды, сахарная свекла, люцерна, клевер, гречиха, зерно-	1 гр. борной кислоты + 2 л воды на 1 ц семян 150 гр. борной кислоты + 300-400 л воды на 1 га посевов	Предпосевное опрыскивание семян  Некорневая подкормка



		бобовые культуры, овощные и плодово-ягодные культуры		
Молибденизированный гранулированный суперфосфат	Mo – 0,1-0,2 %, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 18-20 %	Зернобобовые, кукуруза, картофель, гречиха, овощные культуры	до 100 кг удобрения на 1 га	Припосевное, рядковое внесение в почву
Молибдат аммония (молибденово-кислый аммоний)	Mo-50%	Предпосевная обработка семян гороха, вики, кормовых бобов  Предпосевная обработка семян клевера, люцерны  Горох, вика, кормовые бобы, клевер, люцерна, плодово-ягодные культуры	50 гр. + 2 л воды на 1 ц семян  500-800 гр.+ 2-3 л воды на 1 ц семян  150 гр.+300 л воды на 1 га при наземном опрыскивании	Предпосевное опрыскивание семян  -//-  Некорневая подкормка
Сернокислая медь (медный копорос)	Cu- 25,4%	Предпосевная обработка семян зерновых и зернобобовых культур, клевера  Зерновые и зернобобовые культуры, клевер, плодово-ягодные культуры	2-3 л 0,01-0,02% раствора на 1 ц семян  300-400 л 0,02-0,05% раствора на 1 га посевов	Предпосевное опрыскивание семян  Некорневая подкормка наземным опрыскиванием
Сернокислый цмнк	Zn- 25%	Предпосевная обработка семян зерновых культур  Зерновые, горох, кукуруза, плодово-ягодные культуры	2-4гр.+2-3 л воды на 1 ц семян  100 гр.+300-400л воды на 1 га посевов	Предпосевное опрыскивание семян  Некорневая подкормка наземным опрыскиванием
Марганизированный суперфосфат	Mn-1,4-1,9%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -18,7-19,2%	Зерновые, кукуруза, овощные и масличные культуры	2,3 ц/га  0,5-1,0 ц/га	Основное (допосевное внесение) Рядковое (припосевное) внесение

При необходимости в качестве марганцевых микроудобрений можно использовать:

**Сернокислый марганец** ( $MnSO_4$ ) – мелкокристаллическая соль с содержанием 32,5% марганца, хорошо растворимая в воде.

**Марганизированный суперфосфат** – гранулы светло-серого цвета, содержит 1,4-1,9% марганца и 18,7-19,2%  $P_2O_5$ .

**Марганизированная нитрофоска**, в которой кроме азота, фосфора и калия содержится около 0,9% марганца, который хорошо усваивается растениями.

### 6.3 Органические удобрения, компосты и биогумус

При ограниченных финансовых возможностях сельхозтоваропроизводителей, недостаточных объёмах применения минеральных удобрений вовлечение в земледелие всех имеющихся местных ресурсов органических удобрений является наиболее доступным способом регулирования плодородия почв и питания растений.

Органические удобрения – существенный источник питания растений, энергетический материал для микроорганизмов и важнейшее средство воспроизводства гумуса в пахотных почвах.

К основным и самым распространённым органическим удобрениям относятся навоз, навозная жижа, птичий помёт, перегной, торф, компост, зелёное удобрение (сидераты), растительные остатки (солома, солова) и т.д.

**Навоз** – самое распространённое и доступное органическое удобрение. Он содержит все необходимые для растений питательные вещества и микроэлементы. Удобрительная ценность навоза зависит от вида животного, подстилки, качества кормов, способов и сроков его хранения.

Средние данные содержания питательных веществ по некоторым видам навоза приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Содержание основных питательных веществ в кг на 1 тонну органических удобрений (данные ФГБУ «ЦАС «Иркутский»)

Вид органических удобрений	Содержание питательных веществ кг/т		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Навоз КРС	5,0	2,5	4,6
Навоз свиной	4,8	1,4	4,9
Навоз конский	4,5	4,4	1,13
Птичий помёт свежий	10,9	16,7	13,4
Птичий помёт 6 месяцев хранения	11,2	2,7	5,7

Выход навоза зависит от вида и технологии содержания животных, количества подстилки, способа навозоудаления, продолжительности стойлового периода.

При расчёте выхода навоза за год используются следующие нормативы (таблица 32).

Таблица 32 – Примерное количество навоза от взрослого животного при использовании подстилки, тонн

Вид животного	Продолжительность стойлового периода, дней		
	220-240	200-220	180-200
КРС	9-10	8-9	6-8
Лошади	7-8	5-6	4-4,5
Овцы	1	0,9	0,1-0,8
Свиньи	1,5-2,0	1,2-1,5	1,0-1,2
Куры-несушки на 1000 голов	41-45	37-41	34-37

При внесении навоза в количестве 20 т/га в почву поступает около 100 кг азота, 50 кг фосфора и 90 кг калия. Как правило, первая удобряемая культура в среднем использует 20-25% азота. Степень усвоения калия практически такая же, как из минеральных удобрений, усвояемость фосфора бывает и выше. Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений отражены в таблице 33.

Таблица 33 – Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, %

Год действия	Из подстилочного навоза			Из минеральных удобрений		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1-ый	20-25	25-30	45-50	50-60	15-20	50-60
2-ой	15-20	10-15	10-15	10	10-15	15-20
3-ий	5-10	5	5-10	-	5	-
За ротацию севооборота	40-65	40-60	60-75	60-70	30-40	65-80

Длительность последствия навоза может достигать 5-6 и более лет. Иркутским НИИСХ в период 1969-1994 г.г. изучалась эффективность навоза в пятипольном севообороте. Это позволило сделать вывод, что положительное действие внесённого навоза сказывается на всех культурах севооборота.

Данные об эффективности навоза на тёмно-серой-лесной почве в среднем за 25 лет изучения приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Действие и последствие навоза в дозе 50 т/га на урожайность полевых культур (среднее за 1969-1994 гг.)

Показатели	Культура севооборота				
	кукуруза	пшеница	ячмень-клевер	клевер	пшеница
Год действия навоза	1-ый	2-ой	3-й	4-й	5-й
Прибавка урожая в ц/га	104,0	5,4	5,4	34,0	3,0
в % от контроля	61,1	25,0	34,8	20,9	12,3

Как видно из данных таблицы, действие и последствие навоза за ротацию пятипольного севооборота обеспечивают среднюю прибавку урожая зерна пшеницы 8,4 ц/га, ячменя 5,4 ц/га, зелёной массы кукурузы 104 ц/га. Таким образом, в условиях лесостепной зоны области, 1 т навоза за ротацию севооборота даёт суммарную прибавку урожая – 0,8-1,0 ц/га (в пересчёте на зерно).

Эффективность органических удобрений наиболее высокая в севооборотах, поскольку культуры используют не только их прямое действие, но и

последствие. Внесение слишком малых объемов подстилочного навоза так же нецелесообразно, как и больших.

Ориентировочные нормы внесения органических удобрений под сельскохозяйственные культуры отражены в таблице 35.

Таблица 35 – Ориентировочные нормы внесения органических удобрений, т/га

Культура	Норма, т/га					
	низкая		средняя		высокая	
	навоз	компост	навоз	компост	навоз	компост
Кукуруза, овощи, корнеплоды	25-30	40-50	35-40	60-70	50-55	90-100
Картофель	20-25	30-40	25-30	50-60	40-45	70-80

Навоз, перегной и компосты следует вносить под те культуры, которые лучше всего отзываются на органику. К их числу относятся овощи, картофель, кормовые, корнеплоды, кукуруза. Органические удобрения обычно вносятся под пар, по которому затем размещают вышеперечисленные культуры.

Необходимо отметить, что наибольшую эффективность имеют органические удобрения, равномерно внесенные по полю с помощью разбрасывателей органических удобрений (РОУ-5, РОУ-6, ПРТ-10, ПРТ-16). Существующая технология зимней вывозки органики на поля в мелкие кучи и растаскивание их в весенне-летний период бульдозерами приводит к пестроте почвенного плодородия, неравномерному созреванию урожая и, в конечном счете, снижению эффективности органических удобрений.

Жидкий навоз в основном используется в прифермерских кормовых севооборотах. Бесподстилочный навоз оказывает более сильное действие на урожай удобряемой культуры, чем подстилочный. Это связано с тем, что большую часть азота бесподстилочного навоза растения могут хорошо использовать в год внесения.

Норму внесения бесподстилочного навоза устанавливают, как правило, на основании потребности удобряемой культуры в азоте и содержании его в навозе.

Примерные нормы и способы заделки бесподстилочного навоза показаны в таблице 36.

Таблица 36 – Примерные нормы и способы заделки бесподстилочного навоза

Культура	Потребность в общем азоте, кг/га	Жидкий навоз, т/га		Способы заделки
		КРС	Свиной	
Кормовые корнеплоды	300	120	75	под плуг
Кукуруза	250	100	65	под плуг
Картофель	200	80	50	под плуг
Многолетние злаковые травы на сено	200	80	50	боронование
Однолетние травы	120	45	30	под плуг
Сенокосы и пастбища	200	80	50	боронование

**Торф** богат азотом, но мало содержит фосфора и очень беден калием. Содержащийся в торфе азот находится в сложных органических соединениях и очень плохо усваивается растениями. В условиях Иркутской области торф практически не используется в качестве удобрения в чистом виде, хотя он и является богатейшим источником пополнения органического вещества в бедных гумусом почвах.

Чтобы повысить доступность азота торфа для растений его компостируют с биологически активными компонентами (навоз, навозная жижа, птичий помет). При этом процесс разложения торфа резко ускоряется, в нём накапливаются питательные вещества в доступных растениям формах. Ценность торфа, как удобрения, возрастает.

Благодаря высокой поглотительной способности торфа в компосте сохраняется аммиак, потери которого при хранении навоза значительны.

Микробиологические процессы в результате компостирования протекают особенно активно при температуре 50-60°C. Поэтому торфокомпосты обычно укладывают в бурты без уплотнения.

Торфонавозные компосты обычно готовят в поле на месте их применения или около животноводческих помещений. На одну весовую часть навоза в зимнее время берут одну часть торфа. При весенне-летней заготовке компоста на 1 часть навоза используют 2 части торфа. Правильно приготовленные торфокомпосты по своей эффективности равномерны хорошему навозу.

**Компосты.** Сырьем для производства компостов являются органические вещества растительного и животного происхождения. Компостирование происходит под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов. Для приготовления компостов используют навоз, птичий помет, торф, осадки сточных вод, бытовые и промышленные отходы. В результате биотермических процессов погибают патогенные микроорганизмы, а семена сорных растений теряют жизнеспособность. Полученный компост становится концентрированным, биологически активным, в нем содержатся легкоусваиваемые для растений питательные вещества. Он обладает хорошими физико-механическими свойствами, сыпучестью, транспортабельностью, неприлипаемостью к рабочим органам машин и орудий.

Компостирование наиболее активно протекает при положительной температуре, оптимальной влажности и высокой степени аэрации массы. Важным показателем, влияющим на интенсивность компостирования, считается соотношение C:N. Излишнее содержание в компостной массе углерода замедляет разложение органического вещества, а избыток азота, приводит к большим потерям аммиачного азота. Микробиологический процесс наиболее интенсивно протекает при соотношении C:N от 20 до 30. Для ускорения разложения органического вещества, сокращения потерь аммиачного азота и повышения концентрации питательных веществ целесообразно добавлять в компост фосфоритную муку (2-3% массы), фосфогипс (3-5%), калийная соль (1-1,5%) и, в случае с высокой кислотности смнеси – известковые материалы.

Наиболее распространены торфонавозные, торфопометные компосты при соотношении компонентов 1:1 они содержат в среднем: N – 2,3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,79%, K<sub>2</sub>O – 1,14%, при отсутствии торфа навоз и помет компостируют с плодородными почвами. Приготовление компостов проводится в поле, компоненты смеси укладывают в бурты или ленты, высотой до 2 м слоями и сразу перемешивая их. При положительной температуре, процесс компостирования торфонавозных смесей продолжается 2-3 месяца, торфопометных – 1-2 месяца, городских бытовых остатков – 15-18 месяцев.

Дозы внесения колеблется от 15 до 60 т/га. Компосты вносят паровые поля, под зяблевую вспашку или весеннюю перепашку, в лунки при посадке рассады, в ямы при посадке плодовых деревьев и кустарников. Одна тонна компоста обеспечивает прибавку урожайности 1 ц в пересчете на зерно.

**Вермикультура и вермикомпост.** Появление **вермитехнологии** и все возрастающее использование ее в различных странах вызваны неблагоприятными изменениями окружающей среды, необходимостью экологически безопасно утилизировать значительные объемы органических отходов различного происхождения.

Вермитехнология относится к биологическим способам переработки органических отходов (биоконверсия). Привлекательность данного метода заключается в его биологической основе, исключающей опасность загрязнения окружающей среды.

Вермикультура – это культивирование червей в органическом субстрате с целью получения высококачественного органического удобрения (вермикомпоста). Обычно используются дождевые (земляные) черви. Особенно высокой перерабатывающей активностью характеризуется «калифорнийский гибрид красного червя». По плодовитости и активности этот гибрид превосходит обычного дождевого червя и хорошо поддается выращиванию в искусственных условиях. При скармливании червям органических отходов (в первую очередь навоза) достигается двойной выигрыш: получается так называемый биогумус (переработанный червями, навоз) с более высоким (в 6-10 раз),



чем в навозе, содержанием питательных элементов, и биомасса червей, которая используется для откорма птицы и разведения рыбы. Биомасса червей содержит 55-70% белка и более 10% жиров.

Считается, что превращение дождевыми червями навоза и других органических отходов в полноценный белок и гумусное удобрение – это естественный процесс саморегуляции природной среды. Метод вермикомпостирования позволяет создать механизм биохимического круговорота веществ, дает возможность организовать практически безотходный, замкнутый цикл сельскохозяйственного производства.

**Вермикомпост** (биогумус) – органическое удобрение, полученное на основе культуры червей. Представляет собой микрогранулированное вещество коричневатого-серого цвета. Характеризуется высокой биологической активностью за счет наличия ферментов, гормонов и витаминов. Существенное отличие биогумуса от других органических удобрений – повышенное содержание в нём водорастворимых форм азота, фосфора и калия. Наиболее рациональным считается использование биогумуса в тепличном овощеводстве и цветоводстве.

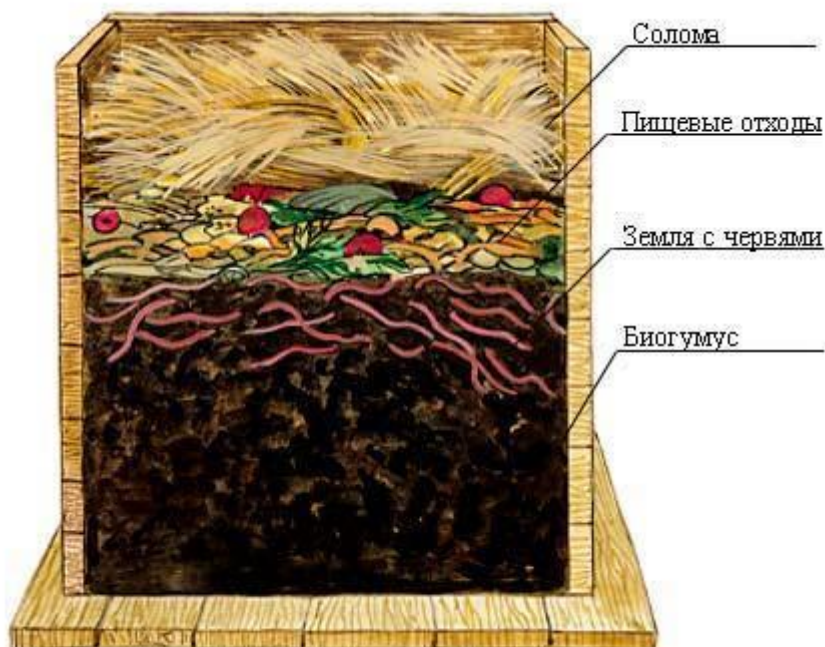
В Иркутской области построен и работает цех по производству биогумуса в СХОАО «Белореченское», который используется высоким спросом у садоводов и огородников, так как имеет высокую агроэкологическую и экономическую эффективность.

**Правило, которому обязательно надо следовать при производстве биогумуса на приусадебном участке:** все отходы, предназначенные для переработки, должны быть мелко измельчены. Для вермикультивирования может быть использовано самое разнообразное сырье, содержащее органические вещества, в том числе и органические отходы: навоз сельскохозяйственных и домашних животных; растительные отходы (опад листьев, скошенная трава, измельченные ветки и сучья); пищевые кухонные отбросы (овощные и фруктовые шкурки и очистки); древесные опилки; бумага и картон; органическая часть бытового мусора.

Помимо органики черви нуждаются и в минеральных веществах, особенно, в кальции. Его можно добавлять в количестве около 0,5%. Источником кальция служит гипс, мел или доломитовая мука. Еще один прекрасный источник кальция – яичная скорлупа, которую предварительно сушат. Все минеральные компоненты также необходимо предварительно измельчать, а то и размалывать в порошок.

Для начала в один из углов нижнего основного контейнера надо поместить субстрат для жизнеобитания дождевых червей. Он должен представлять собой примерно недельный запас корма. Следующий шаг – заселение популяции компостных червей). Для этого достаточно около 0,3-0,5 кг (2-3 тысячи особей). Влажность субстрата необходимо поддерживать на уровне около 80%.

После того, как вы запустили червей в субстрат, его обычно прикрывают слоем измельченных органических отходов. Обновлять слой можно раз в неделю. Содержимое контейнера надо поливать водой один-два раза в неделю.



Когда нижний ящик полностью заполнится до верху, на него ставят второй ящик с сетчатым дном, содержащий корм для червей. Сетка нужна,

чтобы дождевые черви перешли сквозь нее из нижнего ящика в поисках питания. Спустя несколько недель почти все они переселятся из нижнего ящика в верхний. В нижнем же ящике останется практически полностью готовый вермикомпост.

Когда второй ящик тоже полностью заполнится, на него можно поставить еще один ящик с сетчатым дном, и эту процедуру можно повторять необходимое число раз.

Если вы не отселяете червей в новый ящик со свежим субстратом, то по окончании процесса вермикомпостирования их придется отделять от переработанного субстрата вручную. Затем вермикомпост подсушивают естественным путем (стадия созревания) до влажности 50-55% и просеивают через сито с размером ячеек 3-5 мм.

#### **6.4. Сидеральные удобрения**

Различают три основные формы зеленого удобрения: а) полное, б) укосное и в) отавное зеленое удобрение.

Полным зеленое удобрение называется тогда, когда в почву запахивается вся выращенная растительная масса.

Укосным зеленое удобрение называется в том случае, если заделывается в почву надземная масса сидерата, выращенная на другом участке и перевезенная после её скашивания. Например, первый укос многолетних трав можно использовать для удобрения соседнего парового поля, предназначенного для выращивания ценных продовольственных культур, а второй укос внести под зяблевую обработку другого поля севооборота, корневые и поукосные остатки запахать на месте возделывания.

Отавным зеленое удобрение называется тогда, когда запахивается отавная масса вместе с корневыми и поукосными остатками. При этой форме надземная масса, скошенная в начале цветения (1 укос), скармливается скоту

или консервируется, а отрастающая отава вместе с корневыми и поукосными остатками запахивается на удобрение.

### **Способы использования сидеральных культур**

Способы выращивания сидератов разнообразны. В зависимости от того, возделываются ли они в чистом виде или с другими культурами, различают самостоятельные и уплотненные (или смешанные) посевы сидератов.

При самостоятельном посеве сидераты занимают поле один, два сезона или даже несколько лет подряд. Примером могут служить посевы донника в чистом виде (2 года), клевера (2 года), эспарцета (3 года), люцерны (4 лет), горца, свербиги и козлятника – 4 года.

Если сидераты на поле находятся сравнительно короткий промежуток времени, то они называются вставочными, или промежуточными. Так, например, посевы озимой ржи, которые используются в системе зеленого и сырьевого конвейеров и занимают поле сравнительно короткий период времени (май, июнь).

Такие посевы называются промежуточными; после их заделки на этом поле возделываются основные культуры.

Уплотнительные и совместные посевы сидератов – прием совместного выращивания на данной площади какой – либо основной полевой культуры и сидератов в междурядьях культуры. Этот прием позволяет получать значительное количество зеленой массы сидерата еще во время роста и развития основной полевой культуры. Растения на зеленое удобрение запахивают сразу или вскоре после уборки основной культуры.

При уплотненном или совместном посеве сидерат и основную культуру рекомендуется высевать так, чтобы максимально исключить взаимное их угнетение во время роста и, главным образом, не снизить урожай основной культуры. Следует предусмотреть возможность использования этими двумя культурами питательных веществ и влаги из разных слоев почвы (разная глубина проникновения корневой системы).

Если одна культура высокорослая, то другая (сидерат) должна быть низкорослой. В Иркутской области перспективны посевы донника под покров пшеницы и ячменя или гороха, редьки, рапса в междурядья кукурузы и подсолнечника.

В зависимости от того, занимают ли сидераты весь участок или только часть его в виде отдельных полос, различают сплошную, полосную или кулисную культуру растений на сидеральное удобрение.

При кулисной культуре на участке чередуют полосы различной ширины, занятые и не занятые сидератами, зеленую массу которых используют на удобрения на соседней полосе. В Иркутской области кулисную культуру сидератов рекомендуется использовать также для борьбы с эрозией почв. Иногда участок засевают сидератами сплошь, а затем (при уборке) делают (оставляют) кулисы.

В зависимости от посева сидератов – до уборки или после уборки - различают подсевную и пожнивную (поукосную) культуру сидератов.

В первом случае подсевают сидераты под основную зерновую культуру (например, донник в посевах пшеницы или ячменя); во втором – сеют сидераты непосредственно после уборки основной культуры (рапс, редька масличная после уборки ранних кормовых культур).

Рекомендуется также осенняя, или подзимняя, культура сидератов. Для этой цели можно использовать подзимние посевы рапса, сурепицы, редьки масличной. Посевы их рекомендуется использовать для осеннее - зимней пастбищности скота (тебеневка»), а на зеленое удобрение использовать весной будущего года.

Большое значение имеет также солоmistая сидерация. На эти цели, в первую очередь, рекомендуются посевы ячменя и пшеницы. Во время обмола ячменя солома либо измельчается, либо рассыпается «в расстил» (не сжигается), а затем используется на сидеральные цели. В почву солома вносится посредством двухкратного дискования.

В зональных условиях, как указывалось рекомендуется разнообразные

формы и способы использования зеленого удобрения: самостоятельная, отавная, промежуточная, поукосная, солоmistая и др.

В качестве сидеральных культур могут возделываться разнообразные традиционные и нетрадиционные культуры: донник, люцерна, клевер, эспарцет, козлятник, овес, озимая рожь, рапс, редька масличная, сурепица, горчица, горец забайкальский, свербига восточная и другие культуры.

При самостоятельной форме сидерации используется (вносится в почву) весь урожай сформировавшейся биологической массы возделываемой на эти цели культуры.

Самостоятельная форма сидерации может найти применение во всех зонах области на почвах с очень низким и низким содержанием гумуса, эродированных и вновь осваиваемых из-под леса участках.

Таблица 37 – Накопление органического вещества при применении различных форм сидерации (абсолютно – сухая биомасса), т/га

Форма сидерации	Сидеральная культура	Количество органического вещества				
		сидеральная масса		пожнивные остатки	корни в слое почвы 0-50	всего
		зеленая	сухая			
Самостоятельная	Донник	22,0	5,5	3,3	7,8	16,6
	Редька масличная	21,0	4,2	1,9	3,2	9,3
Отавная	Донник	8,3	2,0	3,3	7,8	13,1
	Овес	7,1	1,7	2,2	2,6	6,5
Корневые и пожнивные остатки	Донник	-	-	3,3	7,8	11,1
	Люцерна	-	-	3,5	8,5	12,0
	Клевер	-	-	2,9	6,9	9,8
	Эспарцет	-	-	3,2	7,5	10,7
	Козлятник	-	-	3,7	8,5	12,2
Промежуточная	Озимая рожь	-	-	2,9	2,7	5,6
Поукосная	Рапс	-	-	1,8	3,1	4,9
Солоmistая	Ячмень	2,2	1,9	2,0	2,1	6,0

О положительном влиянии зеленого удобрения на физические, химические и биологические свойства почвы свидетельствуют данные многочис-

ленных исследований. Зеленое удобрение, запаханное в почву, повышает содержание гумуса, улучшает пищевой, водный, воздушный режимы почвы. При использовании зеленого удобрения улучшается буферность почвы, емкость поглощения, структурность, снижается подвижность токсичных веществ, тяжелых металлов, кислотность почв.

Сидерация является одним из приёмов, способствующих повышению плодородия почвы, пополнению её биологическим, дешёвым азотом путём запахивания в почву зелёной массы растений (зелёные удобрения).

Различают две основные формы сидерации: самостоятельную (или полную) и промежуточную (или отавную). При самостоятельной форме сидеральная культура полностью заделывается в почву на месте произрастания.

При отавной сидерации урожай зелёной массы используется на кормовые цели, а отрастающая после укоса масса позже (в середине августа) запахивается как зелёное удобрение.

В качестве сидератов в Иркутской области используют бобовые культуры (донник, клевер, люцерна, вика) и не бобовые (редька масличная, рапс, горчица). При высоких урожаях зелёной массы (250-300 ц/га) в почву поступает до 150 кг биологического азота, значительное количество фосфора, калия и кальция.

Сидерация положительно влияет на агрохимические, биологические и физические свойства почвы, повышает содержание гумуса, активизирует микробиологические процессы, увеличивает количество питательных веществ, особенно азота, повышает урожайность полевых культур. Для земледелия Иркутской области сидерация, прежде всего, необходима на удалённых от животноводческих ферм полях, на почвах тяжёлого механического состава, бедных гумусом и азотом.

На полях, расположенных на расстоянии 4-5 км от животноводческих ферм применять навоз, компосты экономически не выгодно из-за высокой стоимости транспортных расходов. В этом случае использование сидерации является наиболее выгодным приёмом повышения плодородия почв.

Иркутским НИИСХ разработана следующая технология применения сидерации. Зелёную массу клевера в первой декаде июля скашивают КИР 1,5 или КРС-5 с последующей заделкой в почву дисковой бороной в два следа или дискатором. Оставляют в таком виде на две недели и в начале августа запахивают (при самостоятельной или полной сидерации).

При отавной сидерации зелёную массы клевера в июле убирают на кормовые цели, затем отаву отращивают, дискуют (как и в предыдущем варианте) и во второй декаде августа запахивают.

Научными сотрудниками Иркутского НИИСХ длительное время испытывалось влияние сидерации в четырёхпольном севообороте пшеница – кукуруза-ячмень+клевер – клевер.

Действие сидерации изучалось на первой культуре плодосменного севооборота – пшенице. Прибавка в среднем за 4 года при отавной сидерации составила 6,7 ц/га (27%), при полной сидерации – 12,1 ц/га (48%). Данные опытов отражены в таблице 38.

Таблица 38 – Влияние сидерации на урожайность пшеницы, ц/га (среднее за 4 года)

Варианты опыта	Урожайность	Прибавка	
		ц/га	%
Без сидерации	25,2	-	-
Полная сидерация	37,3	12,1	48 %
Отавная сидерация	31,9	6,7	26,6 %

Сидерация повышает урожайность не только в прямом действии, но и последствии. Так по кукурузе дополнительно получено 3,5, ячменю 3,2 ц зер.ед./га при полной сидерации, 2,9 и 2,4 ц зер.ед./га соответственно при отавной сидерации (таблица 39).

В среднем за ротацию урожайность клевера составила 300 ц/га зеленой массы. В этом случае с надземной массой клевера внесено 150 кг азота, 45 кг фосфора, 110 кг калия, 150 кг кальция, 45 кг магния. В переводе на удобрения это составит 4,4 ц аммиачной селитры, 1,0 ц двойного суперфосфата, 4,4



ц аммиачной селитры, 1,0 двойного суперфосфата, 2,0 ц хлористого калия. Экономическая целесообразность сидерации говорит сама за себя.

Таблица 39 – Действие и последствие сидерации на урожайность полевых культур в четырёхпольном севообороте, ц з.ед./га

Варианты опыта	Действие		Последствие					
	пшеница		кукуруза		ячмень+клевер		клевер	
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка
Без сидерации	29,7	-	39,9	-	20,8	-	81,3	-
Полная сидерация	44,0	14,3	43,4	3,5	24,0	3,2	81,7	0,4
Отавная сидерация	28,2	8,5	42,8	2,9	23,2	2,4	82,0	0,7

В настоящее время в регионе используется около 12 тыс.га сидеральных и отавно-сидеральных паров (5-6% от общей площади паровых полей). Учитывая экономические возможности сельскохозяйственных предприятий и недостаточные объёмы применения средств химизации, площадь сидеральных паров должна составлять не менее 90-100 тыс.га (40-50%).

Стоимость семян сидеральных культур, необходимых для посева 1 га отражена в таблице 40.

Таблица 40 – Стоимость семян сидеральных культур, необходимых для посева 1 га (факт 2014 г.)

Сидеральная культура	Норма высева кг/га	Цена семян руб./кг	Стоимость семян на 1 га паров, руб.
1	2	3	4
Донник	20-25	50,0	1250,0
Клевер	12	300,0	3600,0
Вика + овес	<u>50</u> 200	<u>25,0</u> 10,0	3250,0
Рапс	20	40,0	800,0
Редька масличная	20	47,0	980,0

Для этого требуется решить задачу производства семян сидеральных культур в необходимых объёмах и сделать их доступными для сельхозтоваропроизводителей.

Стоимость работ по подготовке 1 га сидеральных паров в ценах 2014 года составляет в среднем 1900 р. С учётом стоимости семян подготовка 1 га сидеральных паров составит от 2700 (сидеральная культура – рапс) до 5500 руб. (сидеральная культура – клевер).

### **Солома как органическое удобрение**

Дополнительным источником пополнения почвы органическим веществом является заплата измельченной соломы.

Химический состав соломы во многом зависит от почвы и погодных условий. В среднем она содержит 0,5% азота, 0,25% фосфора, 0,8% калия и 35-40% углерода в форме различных органических соединений.

Внесение соломы в почву влияет не только на химический состав, но и на её физические свойства. Заплата соломы является эффективным средством улучшения структуры и увеличения влагоёмкости малогумусных почв. Систематическое применение соломы снижает плотность почвы, повышает её биологическую активность.

При использовании соломы в качестве органического удобрения скорость её разложения зависит от степени измельчения. Чем мельче резка соломы, тем скорее происходит её разложение и минерализация.

В настоящее время все современные зерноуборочные комбайны оборудованы измельчителями соломы, которые обеспечивают удовлетворительную степень измельчения и распределения соломы на ширину убранной площади. Зерноуборочные комбайны с копнителями также можно оборудовать измельчителями соломы ПУН-5 и ПУН-6.

Измельчённую солому заделывают в почву дисковой бороной, дисковым культиватором или дискатором на глубину 8-10 см, обеспечивая её разложение в аэробных условиях и минерализацию органического вещества.

Эффективность соломы, как органического удобрения заметно возрастает при дополнительном внесении азотных удобрений. Дополнительное внесение азота позволяет снять депрессивное воздействие соломы в первый год после внесения. Азотные удобрения рекомендуется вносить из расчета 10-12 кг д.в. на 1 тонну соломы.

По соломе, измельченной и оставленной после уборки на поле, можно вносить бесподстилочный навоз (60-80 т/га) или навозные стоки (200-300 т/га) и затем заделать их дисковыми почвообрабатывающими машинами.

На полях, удобренных соломой, необходимо размещать в первую очередь пропашные или бобовые культуры. Возделывать по соломе зерновые культуры нежелательно, так как солома способствует развитию их болезней и вредителей.

В целом эффективность применения соломы в качестве органического удобрения практически не уступает подстилочному навозу.

## **6.5. Бактериальные удобрения**

Бактериальные удобрения – препараты, содержащие полезные для сельскохозяйственных растений почвенные микроорганизмы. При внесении в почву они усиливают фиксацию азота (нитрагин), минерализацию органического вещества, улучшают корневое питание растений. Бактериальные удобрения не могут заменить органические и минеральные удобрения. Они являются дополнительным средством повышения урожайности. Их вносят в почву вместе с семенами. Семена опыливают или опрыскивают бактериальными удобрениями после разведения в воде. Для обработки гектарной нормы высева семян бобовых культур нужно 500 г. нитрагина.

Азотобактерин – род аэробных свободноживущих почвенных бактерий *Azotobacter chroococcum*, связывающих азот воздуха и синтезирующих из него белок своих клеток. При распаде его образуются доступные растениям питательные вещества. Высокий эффект достигается при применении на плодород-

родных, достаточно увлажненных почвах с рН 5,5-7,8. Способствуют обогащению почв азотом (до 20 кг/га в зависимости от почвенных и климатических условий.)

### **6.6. Растительные и химические мелиоранты**

Одним из резервов повышения плодородия почв Предбайкалья и создания устойчивых агроэкосистем является фитомелиорация – новый технологический прием в системе земледелия региона. Сущность фитомелиорации заключается в том, что при длительном возделывании многолетних бобовых трав, не традиционных культур: свербиги восточной, горца растопыренного и козлятника восточного, обладающих мощной глубоко проникающей в подпахотные горизонты почвы корневой системой происходят глубокие позитивные изменения основных показателей плодородия почв.

Фитомелиоративные растения синтезируют большое количество органического вещества, служащего как питательной средой для растений и микроорганизмов, так источником образования гумуса. В результате применения фитомелиорации в верхнем слое почвы происходит концентрация элементов азотного и зольного питания в форме органических, органоминеральных веществ, улучшение физико-химических свойств.

В процесс почвообразования вовлекаются подпахотные горизонты почвы одновременно создаются благоприятные условия для почвенных микроорганизмов, большего удержания влаги, газообмена с атмосферой, поглощения лучистой энергии Солнца.

### **6.7. Известковые мелиоранты**

Известковые удобрения подразделяются на три группы:

- твердые известковые породы, требующие размол или обжига;
- мягкие известковые породы, не требующие размола;

- отходы промышленности, богатые известью.

К известковым удобрениям, получаемым из твердых известковых пород относятся:

**Известняк  $\text{CaCO}_3$**  содержит 45-56%  $\text{CaO}$ , 9%  $\text{MgO}$ , нейтрализующая способность в пересчете на  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$  – 85-100%. Тонина помола должна быть 1,0-1,6 мм. Действие этого удобрения медленное, во многом зависит от качества помола и содержания примеси. В известняках примесь глины и песка может достигать 25%.

**Доломитизированный известняк ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ).** Нейтрализующая способность 79-109%, содержит 42-55%  $\text{CaO}$  и до 9%  $\text{MgO}$ . Действует также медленно. Этот вид известняка целесообразнее использовать в севооборотах с бобовыми, картофелем, корнеплодами, а также на сильно оподзоленных почвах. Содержание примеси (глина, песок) до 21%.

**Мергель** содержит от 25 до 50%  $\text{CaCO}_3$ , некоторое количество  $\text{MgCO}_3$  и 20-40% глины и песка. Действует также медленно, целесообразно применять на легких почвах.

**Доломитовая мука** с содержанием  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  около 100%, нейтрализующая способность 95-109%, примеси 1,5-4%. Её следует применять там, где требуется магний.

**Мел** с содержанием  $\text{CaCO}_3$  90-100%, действует быстрее известняков. Это ценное известковое удобрение в тонкоразмолотом виде.

К известковым удобрениям, получаемым из мягких известковых пород относятся:

**Жженая известь** с содержанием  $\text{CaCO}_3$  более 170% – сильно- и быстродействующий известковый материал.

**Гашеная известь  $\text{Ca(OH)}_2$**  с содержанием  $\text{CaCO}_3$  до 135% (пушонка). Это сильно- и быстродействующее известковое удобрение.

**Гажа (озерная известь)** – содержит 48-56%  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ , нейтрализующая способность 80-95%. Добывается из залежей на месте древних усохших замкнутых водоёмов.

**Известковые туфы** – содержит 80-90%  $\text{CaCO}_3$ , до 20% примеси песка и глины.

К группе отходов промышленности, богатых известью относятся:

**Белитовая мука** (шлам)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  - является отходом алюминиевого производства. Содержание  $\text{CaO}+\text{MgO}$  45-50%, нейтрализующая способность 80-90 %, может иметь небольшие примеси  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , микроэлементов.

**Цементная пыль**  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – содержание  $\text{CaO}+\text{MgO}$  46-48%, нейтрализующая способность 85-90%. В качестве примеси имеются небольшие количества  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  и др.

**Известковые отходы производства  $\text{CaCO}_3$**  – отходы целлюлозно-бумажного производства. Содержание  $\text{CaO}$  до 50%, нейтрализующая способность в пересчете на  $\text{CaCO}_3$  до 90%.

## 7. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

### 7.1. Особенности взаимодействия почв с удобрениями

Почва является активным посредником между растением и вносимыми удобрениями. Поэтому разнообразие почв накладывает определенные особенности во взаимодействии этих почв с внесенными удобрениями. От этого прежде всего зависит уровень подвижности и доступности растениям вносимых элементов с удобрениями и коэффициент их использования.

Коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений колеблются в широких пределах и это зависит от многих факторов и, конечно, в определенной мере от почвенных особенностей. Одной из главных задач для агрохимиков и земледельцев является обеспечение максимального коэффициента использования питательных веществ из удобрений. Для этого необходимо хорошо знать биологические особенности питания

каждого конкретного вида растений и сорта, а также четко представлять то, что происходит с удобрением при внесении его в почву. Без этих знаний невозможно подобрать оптимальную форму удобрений, дозу, срок, способ и глубину заделки.

Чтобы предопределить возможный характер взаимодействия удобрений с почвой нужно иметь четкое представление о поглотительной способности почв.

К.К. Гедройц, известный русский почвовед, агрохимик под поглотительной способностью почвы понимал способность ее задерживать вещества, соприкасающиеся с ее твердой фазой через циркулирующие в ней воды. Задерживаться могут вещества, находящиеся в растворенном состоянии, минеральные и органические коллоидные распыленные частицы, живые микроорганизмы и грубые суспензии. В зависимости от способа поглощения и характера совершаемого при этом процесса, К.К. Гедройц выделил пять видов поглотительной способности.

**Механическая поглотительная способность** – это свойство почвы задерживать частицы, взмученные в фильтрующейся через почву воде и выполняет в данном случае почва роль фильтра. При этом задерживаются грубые суспензии минеральных и органических частиц, диспергированные коллоиды, некоторых видов пылевидных удобрений (известь, фосфоритная мука). Интенсивность механического поглощения зависит от степени пористости почвы, размера пор, дисперсности вещества и т.д. Отсюда глинистые и суглинистые почвы обладают большей механической поглотительной способностью, чем песчаные и супесчаные. Этот вид поглотительной способности играет существенную роль и в распределении микроорганизмов в почвенном профиле. Учитывая вышеизложенное, необходимо отметить, что почвы легкого механического состава не способствуют задержанию мелкодисперсной фракции в верхнем пахотном горизонте.

**Физическая поглотительная способность почвы** – это поглощение (адсорбция) частицами почвы целых молекул, растворенных в почве элек-

тролитов, а также основных продуктов гидролитического расщепления солей слабых кислот и оснований. Физическое поглощение обусловлено наличием в системе высокодисперсной фазы почвы «почва + почвенный раствор» значительной свободной поверхностной энергии, имеющей отрицательный заряд.

Из минеральных солей, по К.К. Гедройцу, почва положительно поглощает только щелочи. Для растворимых минеральных и неорганических кислот характерна, наоборот, отрицательная молекулярная адсорбция. В результате физического поглощения создается пространственная неоднородность раствора: увеличивается (положительная) или уменьшается (отрицательная) концентрация растворенного вещества у поверхности соприкосновения твердых частиц с почвенным раствором.

Отрицательное физическое поглощение наблюдается при взаимодействии почвы с растворами хлоридов и нитратов. В данном случае к почвенным коллоидам притягиваются молекулы воды, а хлориды и нитраты, имеющие с коллоидами одноименный (отрицательный) заряд отталкиваются и постоянно находятся в почвенном растворе в свободном (несвязанном) состоянии, чем и обуславливается их высокая подвижность в почве. Эти особенности следует учитывать при применении нитрат - и хлорсодержащих удобрений.

В случае использования нитратных форм удобрений следует проявлять осторожность при их использовании на почвах легкого гранулометрического состава, на пойменных почвах, где близко грунтовые воды и на орошаемых землях. В этих условиях возможна вероятность их миграции из корнеобитаемого слоя или в грунтовые воды, что может привести к существенным потерям азота и загрязнению грунтовых вод. На почвах среднего, и тем более, тяжелого гранулометрического состава без орошения в условиях Восточной Сибири практически нитраты не опускаются ниже корнеобитаемого слоя, а основная их часть мигрирует в слое 0-40 см.

Свободное состояние хлоридов в почвенном растворе следует учитывать и использовать, когда возникает необходимость избавиться от их при-



сутствия, так как они при определенных концентрациях токсичны для большинства растений. Для достижения этой цели хлорсодержащие удобрения, особенно в повышенных дозах, следует вносить заблаговременно с осени, что способствует миграции значительной части хлоридов за пределы корнеобитаемого слоя к моменту начала вегетации растений.

**Биологическое поглощение.** Способность почвы накапливать в результате деятельности растений и почвенных микроорганизмов органическое вещество, содержащее в своем составе зольные элементы и азот, называется биологической поглотительной способностью. Биологическая поглотительная способность – это и усвоение свободного азота азотофиксирующими микроорганизмами. Некоторая часть питательных веществ, вносимых в почву в виде удобрений (N, P, S) потребляется микроорганизмами. Если этот процесс сильно выражен, то он может отрицательно отразиться на питании культурных растений. Такое явление часто проявляется в практике в отношении азота, когда вносится в почву в больших количествах свежее органическое вещество бедное азотом. Активно размножающиеся микроорганизмы при разложении органического вещества для построения своего тела недостающий азот берут из почвенных запасов или из внесенного с минеральными удобрениями. Особенно это наблюдается при запашке стерни и соломы злаковых культур.

Биологическое поглощение азота, фосфора, серы и других питательных веществ микроорганизмами – явление временное: после отмирания их плазма быстро минерализуется, содержащиеся в ней элементы питания освобождаются в минеральной форме и могут использоваться растениями. Интенсивность биологического поглощения зависит от температуры, влажности, реакции среды и других свойств почвы, а также от количества и состава органических веществ в ней, служащих энергетическим материалом для микроорганизмов.

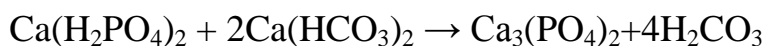
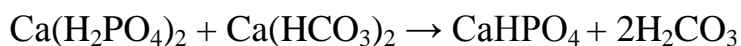
Известкование кислых почв, направленное и осмысленное сочетание органических и минеральных удобрений, внесение специальных бактериаль-

ных препаратов и система обработки позволяют регулировать интенсивность и направленность микробиологических процессов в почве в целях обеспечения наилучших условий питания культурных растений.

**Химическая поглотительная способность** – это способность почвы удерживать некоторые ионы путем образования в результате химических реакций нерастворимых и труднорастворимых в воде соединений.

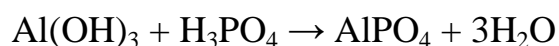
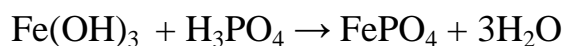
При этом анионы азотной и соляной кислот ( $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$ ) ни с одним из катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) не образует нерастворимых в воде соединений, а, следовательно, химически почвой не поглощаются. Анионы угольной и серной кислот ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) при высоком содержании в почве  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  химически поглощаются с образованием труднорастворимых в воде соединений. Анионы фосфорной кислоты ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  и  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) с одновалентными катионами образуют хорошо растворимые в воде соли ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{K}_2\text{PO}_4$  и др.) с двухвалентными катионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  – однозамещенные, двухзамещенные и трехзамещенные соли различные по растворимости. Однозамещенные – растворимые в воде, двухзамещенные – труднорастворимые, а трехзамещенные практически в воде нерастворимы. С трехвалентными катионами алюминия и железа фосфорная кислота образует нерастворимые в воде и слабых кислотах соединения.

В большинстве почв Юга Восточной Сибири богатых кальцием и магнием и имеющих нейтральную и слабощелочную реакцию (дерново-карбонатные, каштановые, темно-серые лесные, черноземы) химическое закрепление фосфорной кислоты и ее воднорастворимых солей происходит в результате образования слаборастворимых фосфатов кальция при следующих реакциях:



В дерново-подзолистых и в серых лесных оподзоленных кислых почвах, в которых содержатся свободные полуторные окислы химическое по-

глощение фосфорной кислоты идет с образованием фосфатов полуторных окислов практически нерастворимых в слабых кислотах.



По возрастающей интенсивности химического поглощения фосфорной кислоты почвы юга Восточной Сибири можно расположить в следующей последовательности: черноземы < каштановые < дерново-карбонатные < серые лесные < дерново-подзолистые почвы.

Для представления о величине и скорости поглощения воднорастворимых фосфатов в почве нами было проведено определение поглотительной способности выщелоченных черноземов в лабораторных условиях по методике Ю.И. Бридько (рисунок 1). Исследуемые почвы имели нейтральную реакцию почвенного раствора и сумму обменных оснований около 30 мг экв/100 г почвы.

При высоких дозах  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  до 2000 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  на 100 г почвы в течение 24-часового взаимодействия с почвой переводится в нерастворимые в воде формы от 600 до 1000 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  на килограмм почвы.

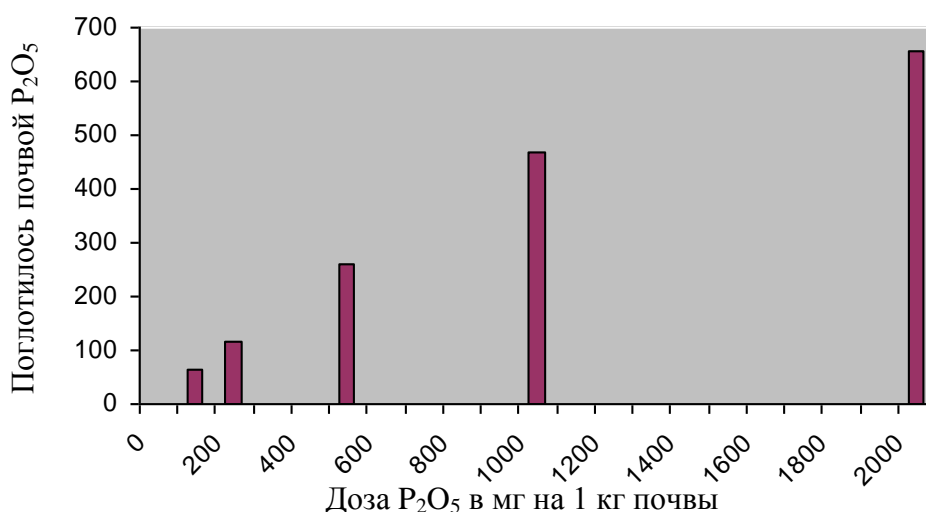


Рисунок 3 – Поглотительная способность почв в отношении к водорастворимой  $\text{P}_2\text{O}_5$

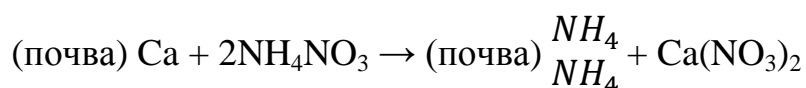
Эти показатели соответствуют величине химического поглощения в слое 0-20 см в течении 24 часов в размерах 1700-3000 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1 га.

Высокая скорость химического связывания фосфорной кислоты почвой и объясняет ее крайне слабую подвижность в почве и низкий коэффициент использования фосфора из вносимых фосфорных удобрений (от 10 до 40%).

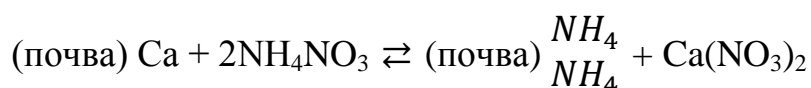
**Физико-химическое или обменное поглощение катионов** – это способность мелкодисперсных коллоидов минеральной и органической части почвы, несущих отрицательный заряд, поглощать различные катионы из почвенного раствора в обмен на эквивалентное количество катионов твердой фазы почвы.

В обменном поглощении катионов, как и при физической поглотительной способности почв, существенную роль играет поверхностная энергия. Но при обменном поглощении катионы, имеющие положительный заряд не только притягиваются к поверхности почвенных коллоидных частиц, имеющих отрицательный заряд, но и вступают в химические реакции с молекулами, расположенными на поверхности почвенных частиц.

В отличие от химического поглощения при обменном поглощении концентрация раствора не изменяется, но изменяется, вследствие обмена, состав катионов в растворе, а состав анионов почти не изменяется. При поглощении какого-либо катиона из раствора почвы одновременно отдает в раствор эквивалентное количество другого катиона, который раньше находился в твердой фазе:



Реакция обмена катионов обратима. Поэтому реакцию правильнее изображать следующим образом:



Носителями обменной поглотительной способности являются мелкодисперсные (менее 0,00025 мм) почвенные частицы (минеральные и органи-

ческие), которые К.К. Гедройц предложил называть почвенным поглощающим комплексом (ППК).

Органические коллоиды представлены в основном гумусовыми веществами. В состав минеральных коллоидов входят кристаллические глинистые минералы каолинитовой и монтмориллонитовой групп, гидрослюды, а также аморфные соединения – гидраты полуторных окислов.

Величина суммы поглощенных катионов зависит, прежде всего, от содержания гумусовых веществ и от процента содержания илистой и коллоидной фракции в минеральной части почвы и качественного состава глинистых минералов.

Гумусовые вещества обладают более высокой поглощательной способностью, чем глинистые минералы. Так, у гумусовых кислот, выделенных из разных почв, емкость поглощения (при pH7) достигает 350-480 мг-экв, на 100 г (у монтмориллонита 80-100, у каолинита 5-15 мг-экв на 100 г минералов).

Следовательно, определяющим в величине суммы обменных оснований той или иной почвы является содержание гумусовых веществ и минералов монтмориллонитовой группы. Для основных почв Юга Восточной Сибири характерны следующие величины содержания гумусовых веществ и минеральной мелкодисперсной фракций, от которых и зависит величина суммы обменных оснований (таблица 41).

Из данных таблицы видно, что основная часть кислых почв обладают значительно меньшей величиной суммы обменных оснований, чем карбонатные почвы. Это прежде всего обусловлено минералогическим составом и более низким содержанием мелкодисперсной минеральной фракции.

Наряду с обменным поглощением в почвах происходит необменное поглощение катионов. Этим свойством обладают глинистые минералы (мусковит, вермикулит, иллит, монтмориллонит), имеющие трехслойную кристаллическую решетку, которая может расширяться при увлажнении и катионы (калия, аммония, цезия, рубидия) могут проникать в межпакетные пространства этих минералов и там необменно закрепляться.

Таблица 41 – Основные почвенные показатели пахотного горизонта почв юга Восточной Сибири, определяющие величину обменной поглотительной способности (по данным О.В. Макеева, 1959 и Н.А.Ногиной, 1964)

Тип почвы	Содержание гумуса, %	Содержание илистой фракции, %	Сумма обменных оснований мг-экв, 100г
Дерново-подзолистые	2,5-4,0	11-22	15,0-30,0
Серые лесные: Приангарья	3,3-8,0	48-56	28,0-40,7
Дерново-карбонатные	4,0-10,0	37-45	32-43

Необменное поглощение аммония и калия изменяется в очень широких пределах в зависимости от генетических особенностей почв, их гранулометрического и минералогического состава. У черноземов оно выражено сильнее по причине преобладания минералов монтмориллонитовой группы, чем у дерново-подзолистых, где преобладают минералы каолинитовой группы. Возрастает она также при переменном увлажнении и высушивании, что характерно для большинства районов Восточной Сибири из-за неустойчивого увлажнения верхнего слоя почвы. Поэтому неглубокая заделка аммонийных и калийных солей в периодически пересыхающий слой почвы значительно усиливает необменный тип поглощения аммония и калия и снижает их доступность растениям.

Из рассмотренных видов поглотительной способности почв определяющими во взаимодействии почв с удобрениями являются химическая поглотительная способность во взаимодействии с фосфорными удобрениями и обменная при взаимодействии с азотными и калийными удобрениями. Умение регулировать эти процессы позволит существенно повысить эффективное использование удобрений.

## 7.2. Определение потребности растений в питательных веществах

Как недостаток, так и избыток любого необходимого для питания растений элемента, вызывает нарушение нормального хода биохимических и физиологических процессов в растении. В результате изменяются ростовые процессы, интенсивность развития, форма, размер и окраска листьев.

В связи с тем, что процессы обмена веществ в растениях протекают наиболее интенсивно в листьях и точках роста, недостаток элементов питания раньше и чаще всего проявляется на этих органах.

В целом изменения внешнего вида растений по причине недостатка или избытка того или иного элемента бывает весьма характерны и могут служить признаком для определения нарушений в питании.

**Признаки азотного голодания растений.** Условия азотного питания оказывают большое влияние на рост и развитие растений. При недостатке азота рост их резко ухудшается. Особенно сильно сказывается недостаток азота на развитии листьев. Они формируются мелкие, из-за снижения синтеза хлорофилла имеют светло-зеленую окраску, преждевременно желтеют. Стебли становятся тонкими и слабо ветвятся. Ухудшается также формирование и развитие репродуктивных органов, и налив зерна.

Для острого недостатка азота в большинстве случаев характерно преждевременное опадание листьев, ускоренное созревание растений, низкие урожаи.

Азотное голодание сельскохозяйственных растений чаще всего наблюдается при возделывании их на почвах с низким содержанием гумуса и азота. В условиях Иркутской области к таким почвам относятся светло-серые и дерново-подзолистые.

Растения могут испытывать недостаток азота в следующих случаях:

- когда в почву внесено значительное количество органического вещества, содержащего много углеводов (особенно клетчатки) и мало азотистых соединений, например, соломы злаковых культур. Это объясняется потреб-

лением почвенного азота микрофлорой, усиленно развивающейся при обилии углеводов.

- в связи с низкой температурой в ранневесенний период деятельность микроорганизмов в почве ослаблена, образование нитратов протекает недостаточно интенсивно. Это характерно для всех зон Иркутской области, особенно на ранних посевах зерновых культур.

- когда культуры размещаются после злаковых многолетних трав.

Во всех этих случаях желательно припосевное внесение минеральных (азотных) удобрений.

Для зерновых культур при азотном голодании характерны следующие симптомы:

- листья мелкие, бледно-зеленые, пожелтение верхушек нижних листьев, постепенно распространяющиеся вдоль главной жилки к основанию листа;

- кущение слабое или совсем отсутствует, стебель тонкий, короткий, иногда пурпурно-зеленый;

- созревание преждевременное, колосья и зерно мелкие.

У зерно-бобовых культур азотное голодание вызывает постепенную потерю листьями зеленой окраски, пожелтение, вначале нижних, затем верхних листьев и приостановку роста растений.

У картофеля при недостатке азота наблюдается слабый рост стеблей и листьев. Растения приобретают светло-зеленую или даже желтовато-зеленую окраску. Листья нижнего яруса теряют хлорофилл и становятся бледно-желтыми, а затем опадают.

У капусты на азотную недостаточность могут оказывать желтовато-зеленая окраска листьев, постепенно переходящая в розовый или пурпурный цвет, малый размер листьев и головок.

У кукурузы азотное голодание приводит к резкому снижению урожая зеленой массы.



**Признаки фосфорного голодания растений.** Все растения крайне чувствительны к фосфорному голоданию в самом раннем возрасте, когда усваивающая способность их неразвитой еще корневой системы весьма слабая.

Фосфорное голодание растений в ранний период роста накладывает настолько далеко идущий депрессирующий эффект, который невозможно полностью преодолеть, даже нормальным последующим питанием.

Недостаток фосфора вызывает задержку роста побегов и корневой системы особенно в начальные периоды развития, формирование мелких молодых листьев с темно-зеленой, голубоватой окраской. Иногда на листьях образуются фиолетовые, красновато-бурые пятна, затем на этих участках наблюдается некроз тканей. Данные признаки проявляются на нижних старых листьях. Недостаток фосфора задерживает цветение и созревание растений, уменьшается количество плодов и семян, ухудшается их качество.

**У зерновых культур** признаки фосфорного голодания проявляется чаще всего в фазе кущения. Они слабо кустятся, медленно растут, окраска листьев у них темно-зеленая, иногда со слабым пурпурным или голубоватым оттенком. Цветение и созревание растений задерживается.

**У кукурузы** при фосфорном голодании замедляется рост молодых растений. Нижние листья приобретают темно-зеленую окраску, затем по краям появляется фиолетовый оттенок, захватывающий постепенно весь лист. Рост растений замедляется.

**У картофеля** края листьев закручиваются вверх, окраска листьев имеет темно-зеленый цвет. Боковое ветвление слабое, вследствие чего, кусты имеют сжатую форму.

**У капусты** недостаток фосфора вызывает карликовый рост, листья мелкие, темно-зеленые с фиолетовым или пурпурным оттенком. Такая пигментация появляется вначале на жилках, а затем распространяется, начиная с верхушки, на всю поверхность листьев.

**Признаки калийного голодания растений.** При калийном голодании замедляется рост растений, окраска листьев темно-зеленая с голубоватым от-

тенком. Края нижних листьев желтеют, а затем буреют и отмирают – краевой ожог листьев. У растений с сетчатым жилкованием лист приобретает морщинистость, а с продольным – волнистость.

**У зерновых** недостаток калия вызывает пожелтение, побурение и отмирание верхушек и краев наиболее старых листьев, ослабление стеблей и полегание.

**У кукурузы** симптомами калийного голодания являются: замедление роста, листья приобретают желтовато-зеленую окраску, а края и верхушки высыхают и кажутся обожженными. Стебли укороченные, низкорослые, растения полегают.

**У картофеля** при калийном голодании наблюдается ненормальная темно-зеленая окраска листьев, появляются мелкие коричневые пятнышки, придающие листьям бронзовый оттенок. Края листьев загибаются книзу, надламываются. Куст раскидистый, междоузлия укороченные, ботва засыхает преждевременно.

**Признаки кальциевого голодания растений.** Недостаток кальция для растений наблюдается редко. Кальциевое голодание может наблюдаться при возделывании культур на кислых песчаных и супесчаных почвах. Наиболее четко признаки кальциевого голодания отмечаются у картофеля и овощных культур.

**У картофеля** при кальциевом голодании вдоль краев молодых верхушечных листьев появляется светло-зеленая полоса, ткани которой часто отмирают. В мякоти клубней появляются участки отмершей ткани бурого цвета.

**У овощных культур** замедляется рост, стебли толстые и деревянистые, кончики корешков отмирают и разрушаются. На сохранившихся кончиках корешков образуются мелкие шарообразные вздутия. Вновь образующиеся листья хлоротичные, старые листья остаются зелеными.

**Признаки магниевого голодания растений.** Недостаток магния проявляется в изменении окраски нижних листьев. Они светлеют, приобретая

светло-зеленую, зелено-желтую окраску. Хлороз развивается с краев и между жилками листьев, а жилки имеют интенсивно зеленую окраску.

Магниевое голодание может усиливаться при внесении высоких доз хлористого калия, калийной соли, сульфата аммония, при увеличении кислотности почвы. Магниевое голодание растений будет ослаблено известкованием почвы и внесением нитратных форм азотных удобрений.

**Признаки борного голодания растений.** При недостатке бора наблюдается хлороз верхушечной точки роста, в дальнейшем происходит её потемнение и отмирание. Отмирание точек роста придает растению кустовидную форму, цветов, плодов и семян образуется мало, могут опадать завязи.

При недостатке бора появляется сухая гниль у корнеплодов, коричневая у цветной капусты, дуплистость у турнепса, брюквы, редьки, гниль сердечка у свеклы, сильнее развивается парша на клубнях картофеля.

**Признаки железного, медного, марганцевого, молибденового и цинкового голодания растений.** Недостаток железа может наблюдаться у овощных культур, картофеля, кукурузы. В почвах нашего региона содержится много железа, но часто оно находится в недоступной для растений форме.

Недостаток железа чаще всего проявляется на щелочных, карбонатных почвах, содержащих много кальция.

Усилению железного голодания способствует высокое содержание в почвах фосфора и недостаток калия.

Внесение в почву органических и физиологически кислых минеральных удобрений способствует уменьшению недостатка железа.

При дефиците железа верхушечные листья светлеют, приобретают светло-желтую или бледно-зеленую окраску, чётко выделяется сетка зеленых жилок. Рост растений ослабленный, нижние хорошо развиты.

**Признаки недостатка меди.** У злаковых культур наблюдается: бледно-зеленая окраска растений, усиленное их кущение, побеление кончиков листьев, недостаточный выход колосьев или метелок из листовых влагалищ, изогнутость колосьев, скручивание листьев, пустозёрность.

Недостаток меди отрицательно сказывается также на крестоцветных и бобовых культурах.

Медь является антогонистом молибдена.

**Признаки недостатка молибдена.** От недостатка молибдена более сильно страдают бобовые культуры, так как у них ухудшается развитие клубеньковых бактерий, фиксирующих атмосферный азот, а также капуста, томаты, салат. Характерным симптомом молибденовой недостаточности является желтая пятнистость листьев у большей части культур, сплошной хлороз листьев у бобовых.

**Признаки недостатка марганца.** Наиболее чувствительны к недостатку марганца картофель, свекла, капуста, а также овёс и горох.

Недостаток марганца вызывает у растений хлороз между жилками листа. Жилки остаются зелеными, а лист принимает узорчатый, пестрый вид. Эти признаки проявляются на молодых листьях.

**Признаки недостатка цинка.** В нашем регионе недостаток цинка в основном проявляется на кукурузе. На вновь появляющихся листьях кукурузы появляются желтые хлоротичные полосы между жилками. Иногда молодые листья имеют светло-желтую или почти белую окраску (болезнь «белые ростки»).

### **7.3. Особенности применения удобрений в посевах сельскохозяйственных культур**

#### **7.3.1. Яровая пшеница**

Яровая пшеница является основной зерновой культурой региона.

К плодородию почвы пшеница предъявляет повышенное требование. Она лучше развивается и даёт хорошие результаты на чернозёмах, дерново-карбонатных, серых и тёмно-серых лесных почвах. Лучший предшественник – чистый пар. Высокие урожаи с хорошим качеством зерна обеспечивают си-

деральные и отаво-сидеральные пары, зернобобовые и пропашные культуры, пласт многолетних бобовых трав.

Корневая система яровой пшеницы, в сравнении с другими яровыми зерновыми культурами, развита более слабо. Основная масса корней сосредоточена в верхних слоях почвы (0-30 см), она плохо использует труднорастворимые минеральные соли.

Поэтому для получения высоких урожаев в почве должно быть достаточное количество питательных веществ в легкодоступной форме.

В начальный период вегетации, от появления всходов и до конца кущения, несмотря на то, что в этот период потребляется меньше минеральной пищи, яровая пшеница весьма чувствительна к их недостатку.

Особенно в этот период на неё отрицательно влияет недостаток фосфора, за счёт которого усиливается развитие вторичной корневой системы.

Второй критический период в питании пшеницы фосфором и усиленное потребление этого элемента происходит в фазу формирования зерна и до полного созревания.

На азот яровая пшеница сильно реагирует в период от начала кущения до выхода в трубку, когда формируются придаточные стебли, узловые корни, колоски и цветки в зачаточном колосе.

Недостаток азота в период цветения и оплодотворения вызывает стерильность пыльцы.

В агроклиматических условиях региона, из-за затруднения усвоения молодыми растениями яровой пшеницы фосфора и азота при низких температурах в фазу прорастания – кущения, целесообразно внесение в рядки при посеве не больших, стартовых доз фосфорных (до 20 кг  $P_2O_5$  и азотных (до 20 кг N) на 1 га посевов.

Наиболее приемлемым, в этом случае, является припосевное внесение нитроаммофоса, имеющего в своем составе 23% азота и 23%  $P_2O_5$ .

Потенциальная потребность яровой пшеницы в питательных веществах очень высокая. С 1 тонной основной продукции с учетом побочной она выносит 29 кг азота, 10 кг  $P_2O_5$  и 19 кг  $K_2O$ .

Определение оптимальных норм внесения удобрений должно проводиться в расчете на плановый урожай, с учетом почвенного плодородия и экономических возможностей сельхозтоваропроизводителей.

Допосевное внесение минеральных удобрений лучше производить локально во влажный слой почвы осенью или весной.

### **7.3.2. Ячмень**

В структуре зерновых культур ячмень в Иркутской области занимает 21-23% и является важной продовольственной и кормовой культурой. Ячмень отличается большей засухоустойчивостью, чем пшеница и овес. Ячмень, как и другие злаки, имеет мочковатую корневую систему. Первичные корни у него растут быстрее, чем у овса и пшеницы. В период кущения они проникают в почву до 30 см. В это время начинают развиваться и вторичные корни.

Прирост корневой системы интенсивно продолжается до кущения. Благодаря этому ячмень в первый период вегетации, когда зачастую существует проблема влагообеспеченности, меньше страдает от недостатка влаги, чем пшеница или овес.

По биологическим особенностям ячмень отличается повышенными требованиями к уровню питания, что объясняется коротким вегетационным периодом и чрезвычайно быстрым усвоением питательных веществ. Интенсивный синтез фитомассы требует обеспечения высокого уровня питания. Это могут обеспечить плодородные почвы и необходимый уровень применения минеральных удобрений. Установлено, что уже к концу фазы кущения ячмень поглощает до 50% азота и фосфора, до 75% калия от общего количества, поглощаемого культурой за весь период вегетации.

Ячмень плохо переносит как кислые, так и засоленные почвы. Для его развития требуется реакция почвы, близкая к нейтральной (рН6-7). Поэтому ячмень отзывчив на известкование.

В нашем регионе в севообороте ячмень размещают после пшеницы или другому непаровому предшественнику. По данным предшественникам обычно осенние запасы минерального азота низкие. Поэтому при раннем посеве ячменя в холодную почву, без внесения азотных удобрений он ощущает острый недостаток в азоте. В этом случае в начальный период жизни резко сдерживаются все ростовые процессы, и нарушается образование генеративных органов, вследствие чего, резко снижается урожайность.

Для предотвращения этих негативных процессов под ячмень вносят азотные минеральные удобрения (до посева или при посеве). При основном (допосевном) внесении доза азота не должна превышать 60 кг/га, а для пивоваренных ячменей – 30-40 кг/га. Избыточное азотное питание резко снижает устойчивость к полеганию.

Холодные почвы в начальный период жизни затрудняют ячменю использование почвенных запасов фосфора. Поэтому необходимо внесение небольших доз суперфосфата в рядки при посеве (15-20 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1 га).

Улучшение азотного питания необходимо сочетать с обеспечением доступным фосфором и калием. Оптимизация соотношения питательных веществ существенно повышает окупаемость удобрений урожаем и может обеспечить требуемые технологические качества ячменя.

При выращивании пивоваренных ячменей первостепенное значение приобретают фосфорно-калийные удобрения, способствующие улучшению технологических свойств сырья.

### **7.3.3. Овес**

В структуре зерновых культур в нашем регионе овёс занимает 25-26%. К условиям выращивания он менее требователен по сравнению с яровой пшеницей и ячменём.

Овёс растет на кислых почвах, однако лучшие урожаи дает на слабо-кислых и нейтральных почвах. Для овса предпочтительны средние и легкие суглинки, но его с успехом можно выращивать на тяжелых суглинистых и глинистых почвах.

Благодаря развитой корневой системе, растения хорошо используют последствие удобрений, внесенных в севообороте под предшествующие культуры и потенциальные запасы почвенного плодородия.

По этой причине в севообороте овес часто размещают последней культурой, а посев проводят в более поздние сроки, чем пшеницу и ячмень.

Благодаря этому возможна организация мероприятий по предпосевной обработке сорняков и весенняя мобилизация почвенного азота, особенно на богатых органическим веществом почвах.

В начальный период у овса, как и у всех яровых хлебов, наблюдается критическая потребность в азоте и фосфоре. Поэтому на почвах с низким и средним содержанием подвижного фосфора рекомендуется припосевное внесение гранулированного суперфосфата в дозе 10-15 кг/га  $P_2O_5$ .

Наибольшая потребность в элементах питания у овса приходится на период от выхода в трубку до молочной спелости. В этот период он поглощает до 60% азота, 30-45% калия и 50-55% фосфора от общего выноса. Расчетную дозу минеральных удобрений под овёс лучше вносить в качестве основного (допосевного) удобрения.

Потенциальная потребность овса в питательных веществах значительная. С 1 тонной основной продукции с учетом побочной он выносит 32 кг азота, 11 кг  $P_2O_5$  и 27 кг  $K_2O$ .

#### **7.3.4. Зернобобовые культуры**

Горох является ведущей зернобобовой культурой региона. Наряду с продовольственным значением он представляет значительный интерес как кормовая культура.



Как и всем бобовым культурам гороху свойственна способность фиксировать газообразный азот атмосферы и улучшать баланс азота в почве. Это связано с развитием на корнях гороха (и других бобовых культур) клубеньковых бактерий.

Корневая система гороха глубоко проникает в почву (до 1 м) и способна усваивать фосфор и калий из труднодоступных соединений. Горох требователен к плодородию почв, предпочитает легкие и средние суглинки. Плотные, заплывающие почвы угнетают жизнедеятельность клубеньковых бактерий и отрицательно сказываются на урожайности культуры.

Горох плохо растет на кислых почвах, при pH 5,5 и ниже почву следует известковать. Очень эффективно под горох применять известковые материалы, содержащие магний, например, доломитовую муку. При этом урожай повышается на 15-20%.

У гороха максимум потребления питательных веществ отмечается к концу вегетации.

Вынос азота горохом покрывается в значительной степени благодаря фиксации атмосферного азота (до 70% от потребности). На бедных азотом почвах горох хорошо отзывается на внесение азотных удобрений в небольших дозах (25-30 кг действующего вещества на 1 га).

Из элементов минерального питания горох наиболее требователен к наличию фосфора в почве. На бедных доступными фосфатами почвах он испытывает недостаток элемента уже на десятый день после всходов. Внесение фосфорных удобрений под горох всегда дает гарантированную прибавку урожая.

Дозы фосфора и калия определяются расчетным методом на плановый урожай. Потенциальная потребность гороха в питательных веществах очень высокая. С 1 тонной основной продукции с учетом побочной он выносит 58 кг азота, 13 кг  $P_2O_5$ , 25 кг  $K_2O$ .

Основную часть фосфора и всю дозу калия необходимо вносить локально до посева. Стартовую дозу фосфора, а при необходимости и азота, в дозе 20 кг действующего вещества на 1 га вносят при посеве.

Из микроудобрений на горохе хорошо отзывается молибден. Для повышения азотфиксирующей роли клубеньковых бактерий на горохе и других зернобобовых культурах эффективно применение бактериальных препаратов - ризоторфина и нитрагина. Этими препаратами перед посевом проводят обработку (инокуляцию) семян.

### **7.3.5. Крупяные культуры**

Из крупяных культур в Иркутской области возделывается гречиха и просо.

Гречиха хорошо растет практически на всех почвах, распространенных в Иркутской области.

Оптимальной рН для гречихи 5-7, поэтому сильнокислые почвы под гречиху необходимо известковать, лучше для этого использовать доломитовую муку, так как она дополнительно содержит магний.

Эта культура светлолюбивая, требовательная к теплу и влаге, её обычно высевают в начале июня. Хотя корневая система у гречихи развита слабее, чем у других культур, её корни проникают в почву на значительную глубину и лучше используют труднорастворимые формы фосфатов, а также и почвенные запасы калия.

Гречиха отзывчива на хорошие предшественники, поэтому её рекомендуют высевать второй культурой после пара или по пропашным предшественникам.

На почвах, бедных гумусом, обязательно внесение азотных удобрений в расчетных дозах.

На почвах бедных запасами подвижного фосфора и обменного калия необходимо внесение этих форм удобрений.

Необходимо помнить, что гречиха не выносит хлора. Поэтому под неё нельзя вносить калийные хлорсодержащие удобрения. Лучшими калийными удобрениями под гречиху являются сульфат калия (сернокислый калий) и сульфат калия-магния (калимагнезия).

Фосфорные удобрения в небольших дозах (10-20 кг  $P_2O_5$  на 1 га) необходимо вносить при посеве.

Из микроудобрений на гречихе хорошо отзываются молибден и бор. С 1 тонной урожая основной продукции с учетом побочной гречиха выносит из почвы 27 кг азота, 15 кг  $P_2O_5$  и 36 кг  $K_2O$ .

**Просо** в регионе возделывается в небольших объемах (около 200 га).

По засухоустойчивости просо занимает первое место среди возделываемых в регионе зерновых культур. Эта теплолюбивая и стойкая к высоким температурам культура.

Просо усиленно потребляет питательные вещества в период от кущения до созревания, который составляет от 40 до 50 дней.

До кущения рост и развитие надземных органов и корневой системы у проса протекают медленно, поэтому способность его корневой системы усваивать пищу из почвы значительно меньшая, чем яровых зерновых.

Однако просо выносит из почвы значительное количество питательных веществ. Так с 1 тонной урожая основной продукции с учетом побочной выносятся 30 кг азота, 14 кг  $P_2O_5$  и 35 кг  $K_2O$ .

Просо отзывчиво на внесение минеральных удобрений, особенно по непаровым предшественникам. Дозы минеральных удобрений определяются расчетным методом с использованием зональных нормативов.

Основное удобрение можно вносить с осени под зябь или весной локально. При посеве обязательно вносится гранулированный суперфосфат в дозе 15-20 кг  $P_2O_5$  на 1 га. Это обусловлено тем, что в ранний период растения проса крайне чувствительны к недостатку фосфора, что обусловлено его мелкосемянностью и слабым развитием корневой системы.

Лучший предшественник под просо – чистые или сидеральные, хорошо подготовленные пары.

### **7.3.6. Картофель**

Картофель является ценнейшим продуктом питания. Годовое потребление его составляет 120-130 кг на человека. В Иркутской области ежегодно производится 620-630 тыс. тонн картофеля, в том числе 85-87 тыс. тонн производят сельскохозяйственные предприятия и КФХ, 543-545 тыс. тонн – население в личных подсобных хозяйствах.

Картофель – культура рыхлых почв, поэтому под него отводят легкосуглинистые и среднесуглинистые почвы, способные сохранять рыхлое состояние на протяжении периода вегетации. В случае размещения картофеля на тяжелых по механическому составу почвах требуется хорошее рыхление прикорневого слоя. Это можно обеспечить при гребневом способе возделывания картофеля.

Картофель хорошо переносит кислотность почвы. Оптимальный интервал pH 5-6, допустимый – 4,0-7,0. На сильнокислых почвах необходимо известкование. Но известкование следует проводить неполной дозой извести ( $1/2 - 1/4$  от Нг).

При больших дозах извести картофель может поражаться паршой, будут ухудшаться его потребительские качества и лёжка при хранении.

Лучшими предшественниками под картофель являются хорошо заправленный органическими удобрениями чистый пар, сидеральные пары, пласт многолетних бобовых трав.

С урожаем картофель выносит значительное количество питательных веществ. Так с 1 тонной урожая клубней с соответствующим количеством ботвы выносятся 6,0 кг азота, 1,6 кг  $P_2O_5$  и 7,8 кг  $K_2O$ . Установлено, что в растениях картофеля содержится больше всего калия, меньше азота и ещё меньше фосфора.

Внесение удобрений под картофель – необходимое условие получения высокого урожая. Особую ценность имеют органические удобрения. Они служат непосредственным источником питания, обогащают почву полезными микроорганизмами, способствуют накоплению гумуса, улучшают её физические свойства, снижают кислотность почвы.

Органические удобрения вносят под паровое поле. Кроме органических удобрений на мало и среднеобеспеченных питательными веществами почвах, необходимо внести локально до посадки или при посадке азот, фосфор и калий в расчете на планируемую урожайность.

Формы азотных и фосфорных удобрений не вызывают резких изменений урожайности. Из калийных лучше вносить безхлорные удобрения, так как хлорсодержащие удобрения ухудшают качество клубней, снижают крахмалистость и вкусовые качества.

Оптимизация условий корневого питания позволяет регулировать не только величину урожая, но и его качество.

Азотные удобрения усиливают рост ботвы, удлиняют период вегетации и физиологического вызревания клубней. Если картофель убирается физиологически вызревшим после окончания процесса накопления крахмала в клубнях, то качество клубней будет хорошее.

Фосфор ускоряет развитие растений, в том числе и процессы клубнеобразования, тем самым сокращает вегетационный период, обеспечивает физиологическую зрелость клубней к уборке.

Калий также в большинстве случаев улучшает качество клубней.

### **7.3.7. Кормовые культуры**

**Кукуруза** – культура теплолюбивая и весьма требовательна к плодородию почвы.

В Иркутской области кукуруза возделывается на кормовые цели (силос, зеленый корм).

Кукуруза дает хорошие урожаи на почвах, хорошо обеспеченных азотом, с хорошими физическими свойствами, рыхлых, проницаемых для воды и воздуха.

Она хорошо развивается на почвах с нейтральной реакцией почвенной среды, оптимальный интервал рН 6,0-7,0, допустимый – 5,0-8,0. Поэтому кислые почвы должны быть обязательно известкованы. Наилучшее действие на кукурузу, особенно на легких почвах, бедных магнием, оказывает доломитовые известняки.

Кукуруза имеет мощную корневую систему, способную извлекать питательные вещества из большого объема почвы.

С 1 тонны зеленой массы кукурузы выносятся из почвы 3,5 кг азота, 1,2 кг  $P_2O_5$ , 3,7 кг  $K_2O$ .

Поглощение питательных веществ кукурузой продолжается до наступления восковой спелости зерна и соответственно нарастание зеленой массы идет до уборки. Однако в начале вегетации питательные вещества используются в небольшом объеме, особенно интенсивно они используются перед цветением.

Поглощение азота продолжается почти до созревания, однако максимум его приходится на период за 2-3 недели до выбрасывания метёлок. В условиях Восточной Сибири, где идёт медленная мобилизация почвенного азота, судьбу урожая чаще всего определяет уровень азотного питания и необходимая сумма эффективных температур.

Фосфор кукуруза усваивает равномерно, вплоть до созревания. Однако особо острую потребность в дополнительном фосфорном питании растения испытывают в самый начальный период жизни, когда почва ещё недостаточно прогрета.

Припосевное внесение небольших доз суперфосфата или аммофоски (10-15 кг  $P_2O_5$  на 1 га) способствует развитию более мощной корневой системы. Допосевное внесение фосфорных удобрений целесообразно на почвах, обеспеченных подвижным фосфором ниже среднего.

Калий наиболее интенсивно кукуруза поглощает в первый период вегетации. В калийных удобрениях возникает потребность на почвах, слабо обеспеченных обменным калием и если она размещается по предшественникам, потребляющим много калия (картофель, корнеплоды, многолетние травы).

Система удобрений кукурузы складывается из трёх приёмов: основного (допосевного), припосевного и подкормок. 70-80% запланированного объёма минеральных удобрений вносят в качестве основного удобрения, то есть до посева, остальная часть применяется при посеве и в виде подкормок.

Подкормки минеральными удобрениями проводят на полях, где не удалось внести необходимую дозу до посева. Чаще всего при подкормках вносят азотные удобрения при междурядных обработках с использованием культиваторов-растениепитателей.

Внекорневая подкормка, при необходимости проводится раствором мочевины наземным опрыскивателем. Внекорневая подкормка проводится в период перед взметыванием метелки и способствует заметному повышению содержания в зеленой массе белков.

Кукуруза хорошо отзывается на органические удобрения, оптимальная доза 40-60 т/га внесенная с осени под зябь.

Дозы минеральных удобрений определяются одним из расчетных методов с учетом запланированного урожая и почвенного плодородия.

### **7.3.8. Однолетние травы**

К группе однолетних трав относятся горохо-овсянные, вико-овсянные смеси, зерносмеси, редька масличная, рапс и сурепица. Их используют для закладки сенажа и силоса, на зеленый корм. Кроме того, горохо-овсянные, вико-овсянные смеси и зерносмеси используются для заготовки сена.

При возделывании этих культур желательно получение максимально возможного урожая с хорошими кормовыми качествами, что не возможно без оптимизации минерального питания.

Культуры, отнесённые к однолетним травам, достаточно холодостойкие и имеют короткий вегетационный период до достижения укосной спелости.

В связи с коротким периодом вегетации возможны ранние посевы с уборкой в начале июля и последующей обработкой поля по типу занятого пара.

Для получения высоких урожаев зеленой массы с хорошим качеством при ранних посевах, как правило, в почве недостаточно доступных форм питательных веществ, так как обычно однолетние травы размещают по зерновым предшественникам. Для этого необходимо обеспечить оптимальное азотное питание путем допосевного внесения азотных удобрений в количестве 40-60 кг азота на 1 га. При слабой обеспеченности почвы подвижными формами фосфора желательно припосевное внесение суперфосфата или аммофоса в количестве 10-15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1 га.

При поздних сроках сева (конец июня – начало июля), повышении температур в почве происходит мобилизация питательных веществ. В этом случае допосевная норма внесения азотных удобрений может быть снижена до 30-40 кг/га.

Дозы минеральных удобрений определяются расчётно с учетом запланированного урожая, почвенного плодородия и вида возделываемой культуры, так как потребность разных видов однолетних трав в питательных веществах для создания единицы урожая неодинакова (Приложение 7).

### **7.3.9. Кормовые корнеплоды**

В Иркутской области в основном возделывают турнепс, брюкву и кормовую свеклу.

Обладая высоким потенциалом урожайности, они выносят из почвы значительное количество питательных веществ. Вынос питательных веществ с урожаем у этих культур неодинаков, он отражён в Приложении 7.



В связи с высоким хозяйственным выносом и относительно слабой корневой системой, кормовые корнеплоды требуют плодородные почвы с нейтральной или слабощелочной реакцией среды.

Размещать кормовые корнеплоды лучше по парам, пропашным культурам и другим чистым от сорняков предшественникам.

Кормовые корнеплоды очень отзывчивы на органические удобрения. Органические удобрения лучше вносить под пар или осенью под зябь. При посеве обычно вносят комплексные удобрения, лучше всего азофоску или нитрофоску из расчёта 10-15 кг азота,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  на 1 га.

Основную часть минеральных удобрений лучше вносить осенью под вспашку.

Дозы минеральных удобрений определяются исходя из запланированной урожайности, почвенного плодородия и вида возделываемой культуры.

### **7.3.10. Многолетние травы**

**Донник** используется на кормовые цели и как сидеральная культура, кроме того, он является эффективным медоносом.

Донник нетребователен к почвам, но вместе с тем не любит кислых почв, не растет на заболоченных, с высоким уровнем грунтовых вод почвах, плохо растет на тяжелых по механическому составу, заплывающих почвах.

Донник имеет мощную стержневую корневую систему, проникающую в глубокие слои почвы и обладает высокой засухоустойчивостью. Корневая система донника способна извлекать питательные вещества из труднорастворимых соединений.

Вместе с тем, донник не менее других культур отзывчив на внесение удобрений, особенно фосфорных и микроудобрений, если почвы слабо обеспечены этими элементами.

Оказывают высокий эффект ранние весенние подкормки донника азотными удобрениями на второй год вегетации. Их проводят для лучшего и ак-

тивного отрастания растений на холодной почве, когда азотфиксация заторможена. Подкормка осуществляется дозой 25-30 кг азота на 1 га посевов. Из микроудобрений обычно используют молибденовые и борные удобрения путем предпосевной обработки семян. Это стимулирует развитие на корнях донника клубеньковых бактерий и усиливает азотфиксацию атмосферного азота.

**Люцерна** – многолетняя бобовая культура, используемая на кормовые цели (сено, сенаж, ВТМ и т.д.). Корма из люцерны содержат много белка, фосфора, кальция, незаменимых аминокислот и поэтому отличаются высокими кормовыми достоинствами.

Она формирует мощную корневую систему, что позволяет ей расти и давать хорошие урожаи в степных, засушливых районах.

Люцерна обогащает почву азотом и органическим веществом, трёхлетние растения накапливают азота в почве столько, сколько его содержится в 60-70 кг навоза. Пласт люцерны является отличным предшественником для всех культур.

Произрастает люцерна на самых разнообразных почвах, лучшими считаются глубокопроницаемые, среднесуглинистые почвы с рН 6,5-7,0. Для возделывания люцерны непригодны кислые почвы с близким залеганием грунтовых вод и сильно засоленные почвы. При рН 5 и ниже клубеньковые бактерии не развиваются и не фиксируют азот из воздуха.

Эта культура потребляет из почвы большое количество питательных веществ. Высокая потребность её в питании определяется, прежде всего, способностью давать большие урожаи зеленой массы с высоким содержанием белка. На образование 1 т сена люцерна потребляет 26 кг азота, 6-6,5 кг  $P_2O_5$ , 15-17 кг  $K_2O$ , много кальция и магния.

Она хорошо отзывается на внесение органических удобрений под покровную культуру. В первый год жизни люцерна чувствительна к недостатку фосфора, поэтому при посеве желательно вносить 15-20 кг  $P_2O_5$  на гектар (суперфосфат или аммофос).

Ежегодно весной рекомендуется проводить подкормку путем врезания удобрений в дернину. Обычно вносят 30-35 кг азота на 1 га и фосфор. Доза фосфора зависит от уровня содержания в почве подвижного фосфора, но не превышает 60 кг  $P_2O_5$  на 1 га.

На почвах с низким содержанием обменного калия рекомендуется вносить в расчетной дозе сернокислых калий.

**Клевер красный** – отличная кормовая культура, из него готовят сено, ВТМ и другие корма. В полевых севооборотах он является отличным предшественником и идеальной культурой для возделывания на сидераты.

Корневая система клевера красного хорошо развита, она состоит из главного стержневого корня и боковых корней. Клевер красный – влаголюбивая культура. Он хорошо растет, когда влагоёмкость почвы поддерживается на уровне 70-80% наименьшей влагоёмкости.

Вместе с тем, он не переносит избытка влаги в почве, а при застое воды на поле погибает.

Клевер хорошо растет на дерново-подзолистых серых лесных, черноземных почвах. Он не переносит кислых и сильно засоленных почв, при pH ниже 4,5 он выпадает.

Клевер красный потребляет большое количество калия, фосфора, кальция. Он так же отзывчив на микроэлементы – молибден, бор.

Поскольку ранней весной содержание доступного фосфора в почве незначительно, рекомендуется припосевное внесение фосфорных удобрений (гранулированного суперфосфата или аммофоса) в дозе 15-20 кг  $P_2O_5$  на 1 га.

Клевер красный, хорошо обеспеченный фосфором, лучше укореняется, у него быстрее формируются листья при одновременном значительном увеличении клубеньков на корнях.

Клевер красный хорошо отзывается на органические удобрения, внесенные под покровную культуру.

Дозы внесения минеральных удобрений определяют, исходя из наличия питательных веществ в почве. Обычно рекомендуется вносить 60 кг  $P_2O_5$

и 60 кг  $K_2O$ . Эти удобрения вносятся осенью под зябь или весной при предпосевной обработке под покровную культуру. В связи с тем, что клевер красный хорошо растет на слабокислых почвах, он сильно реагирует на известкование.

Микроудобрения (молибден, бор) обычно используют для предпосевной обработки семян клевера или некорневой подкормки.

**Галега восточная** – многолетняя бобовая кормовая культура. Согласно исследованиям, проведенным Иркутским ГАУ галега может возделываться практически на всех почвах региона.

Лучшими предшественниками галеги являются пары (чистые и занятые), пропашные культуры, чистые от сорняков.

Галега может обеспечивать себя азотом за счет деятельности клубеньковых бактерий. Поэтому в системе удобрений предполагается внесение только фосфорных и калийных удобрений. Дозы удобрений рассчитываются на плановый урожай и вносятся в качестве допосевного внесения в год посева.

В первую весну для лучшего отрастания молодых растений, их желательно подкормить азотными удобрениями в дозе до 30 кг азота на 1 га посевов. Это обеспечит растения доступным азотом на период, пока клубеньковые бактерии находятся в неактивном состоянии.

Семена галеги перед посевом необходимо обработать 1% раствором молибденово-кислого аммония и борной кислоты из расчета 1 литр раствора на гектарную норму семян (25-30 кг).

**Кострец безостый** – многолетний яровой злак. Корневая система корневищная, способная укореняться в узлах, что приводит к образованию новых кустов. Кострец обладает хорошей зимостойкостью и засухоустойчивостью и может возделываться во всех сельскохозяйственных районах на разнообразных почвах.

В условиях достаточного увлажнения и хорошего питания кострец безостый может давать высокие урожаи. При орошении, в условиях ЗАО «При-

морский» Нукутского района, за 2 укоса собирали свыше 60 ц отличного сена.

Органические удобрения можно использовать под предшественники в дозе 30-40 т/га. Фосфорные и калийные удобрения вносят с осени под зябь. Доза удобрений зависит от почвенного плодородия. В условиях региона обычно вносят от 40 до 70 кг  $P_2O_5$  и  $K_2O$  на 1 га посева. Азотные удобрения вносят под предшествующую культуру в дозе до 60 кг азота на 1 га посевов. Доза азота рассчитывается в зависимости от содержания минерального азота в почве перед посевом.

В последующие годы проводят подкормку костреца весной азотными удобрениями из расчета 60 кг азота на 1 га. При двухукосном использовании кострец желателно подкормить азотными удобрениями после первого укоса.

Нормативы хозяйственного выноса питательных веществ многолетними травами отражены в приложении 7.

### **7.3.11. Овощные культуры**

Овощные культуры предъявляют особые требования к плодородию почв, степени их окультуренности, водно-физическим, тепловым и агрохимическим свойствам. Большое значение для этих культур имеет механический состав почв. Лучшие почвы для промышленного овощеводства – легкие и средние суглинки.

Наиболее благоприятное содержание гумуса в почвах – более 3-4%. Поэтому очень важно применять под овощи органические удобрения и, прежде всего, навоз и навозные компосты. Необходимо учитывать степень разложения навоза. Свежий или полуперепревший навоз вносят под кабачки и огурцы, которые требуют повышенного содержания углекислоты в припочвенном слое. Под все другие овощные культуры лучше применять перегной, в котором нет сорных растений.

Малопригодны для возделывания овощных культур кислые или засоленные почвы, содержащие высокие концентрации алюминия, железа, марганца, а также почвы с высоким уровнем грунтовых вод.

Учитывая потенциал продуктивности большинства овощных культур, следует помнить, что при высоких урожаях они выносят значительно больше питательных веществ, чем полевые культуры. Нормативы выноса питательных веществ овощными культурами отражены в приложении 8.

Большой ассортимент овощных культур, свои особенности в потреблении питательных веществ, несомненно, требуют дифференцированного подхода к применению под них удобрений.

### **Особенности применения удобрений под некоторые овощные культуры**

**Капуста белокочанная** потребляет большое количество питательных веществ (Приложение 8). Капуста потребляет азот, фосфор и калий в течение всего вегетационного периода в зависимости от сорта. Сроки потребления питательных веществ у ранних сортов составляют до 60 дней, у поздних сортов они не превышают 120 дней.

Максимальное количество элементов питания требуется в период формирования кочана.

Капуста хорошо растет при реакции почвы близкой к нейтральной (рН 6,0-7,0), на кислых почвах она положительно реагирует на известкование. Необходимо помнить, что на кислых почвах капуста более сильно поражается килой.

В Иркутской области возделывается белокочанная капуста разных по вегетационному периоду сортов.

**Ранняя белокочанная капуста.** Лучше её размещать на хорошо окультуренных легкосуглинистых и супесчаных почвах. В первый месяц после высадки рассады интенсивность поглощения питательных веществ низкая. Наиболее интенсивное поглощение наблюдается в период между образованием розеточных листьев и началом завязывания кочанов. Достаточно вы-

сокая интенсивность поглощения питательных веществ в период формирования кочана.

В первую очередь ранняя белокочанная капуста нуждается в азотных удобрениях. Фосфорно-калийные удобрения требуются в том случае, если обеспеченность ими почв ниже средней. Органические удобрения в дозе 30-40 т/га лучше вносить под предшественник. Минеральные удобрения в расчетной дозе вносятся в почву до высадки рассады. При необходимости возможны подкормки минеральными удобрениями во время проведения междурядных обработок.

**Среднеспелые, среднепоздние и позднеспелые сорта** белокочанной капусты характеризуются очень высоким потенциалом урожайности. При высоких урожаях потребляется значительное количество питательных веществ.

Эта группа сортов требует обильного питания на протяжении всего периода вегетации. При этом до начала завязывания кочанов должно преобладать азотное питание, а в период формирования кочанов необходимо умеренное азотное питание и усиленное калийно-фосфорное.

Высокоэффективно применение под эти сорта белокочанной капусты органических удобрений в виде перегноя или компостов в дозе 60-70 т/га. Вместе с тем одни органические удобрения не могут обеспечить оптимальных условий питания. Капуста быстрее и лучше растет при сочетании органических и минеральных удобрений.

Система удобрений включает основное припосевное внесение и подкормки. Дозы удобрений устанавливаются с учетом почвенного плодородия и запланированного урожая.

Основная часть удобрений вносится до посева (осенью или весной). Небольшие дозы комплексных удобрений, по 15 кг NPK на 1 га, вносятся при высадке рассады капусты. При необходимости проводят подкормку при междурядной обработке.

**Морковь столовая** хорошо растет на почве со средней кислотностью рН 5,5-7,0. При выращивании её на почвах с более высокой кислотностью необходимо известкование. Интенсивность усвоения питательных веществ в начале вегетации нарастает очень медленно. Максимальное поглощение наблюдается в конце июля - августе, то есть в период интенсивного нарастания массы корнеплодов.

Морковь отзывчива на минеральные удобрения, вместе с тем, она весьма чувствительна к концентрации почвенного раствора. Многочисленными опытами установлено, что дозы любого питательного элемента выше 90 кг/га под морковь нежелательны.

На плодородных почвах и по хорошим предшественникам морковь можно выращивать без внесения минеральных удобрений. Дозы минеральных удобрений устанавливаются с учетом плодородия почв, последствий удобрений, внесенных под предшествующую культуру и планируемого урожая.

Морковь положительно отзывается на применение хорошо перепревшего навоза в дозе 30-40 т/га. Внесение слаборазложившегося навоза вызывает ветвление корнеплода, что снижает их лёжкость при хранении.

Система удобрения моркови складывается из основного удобрения, внесенного до посева и небольших доз минеральных удобрений, вносимых при посеве (10 кг азота, 10 кг  $P_2O_5$  и 10 кг  $K_2O$  на 1 га).

**Свекла столовая** – культура с высоким потенциалом продуктивности. Для обеспечения высокого урожая необходимо внесение соответствующих количеств минеральных и органических удобрений. Размеры доз удобрений зависят от почвенного плодородия и планируемого урожая.

Темпы поглощения питательных веществ в начале вегетации незначительные, поэтому в первый месяц роста потребность в питательных веществах удовлетворяется за счет припосевного внесения небольших доз удобрений (по 10 кг NPK на 1 га).



Активное поглощение питательных веществ свеклой начинается в июле – августе, когда интенсивно формируется корнеплод.

Свекла хорошо отзывается на внесение полуперепревшего навоза, питательные вещества которого к этому времени переходят в доступную форму за счет минерализации. Дозы органических удобрений возможны в размере от 40 до 60 т на 1 га, вносить органические удобрения лучше осенью под зябь.

Свекла столовая – калиелюбивая культура. В урожае соотношение питательных веществ ( $N : P_2O_5 : K_2O$ ) следующее 1 : 0,56 : 1,6. Удобрения, особенно калийные, одновременно с увеличением урожая улучшают и качество корнеплодов. Применение хлористого калия или калийной соли для удобрения свеклы значительно повышают её сахаристость.

Дозы удобрений под столовую свеклу, в зависимости от плодородия почв, предшественника могут колебаться в следующих пределах:

$N$  – 60-120 кг/га;  $P_2O_5$  – 40-80 кг/га;  $K_2O$  – 80-160 кг/га

**Лук репчатый** имеет относительно слабую корневую систему, которая располагается в поверхностных слоях почвы.

Лук чувствителен к концентрации почвенного раствора и к кислотности почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора для лука находится в пределах рН 6,4-7,9, то есть предпочитает нейтральные, слабощелочные почвы.

Лук не выдерживает больших доз минеральных удобрений и лучше использует питательные вещества органических удобрений. Навоз под лук рекомендуется вносить только хорошо перепревший, в умеренных дозах (30-40 т/га). Повышенные дозы органических удобрений нежелательны, так как усиливают рост пера и задерживают созревание луковиц.

Острые сорта лука более требовательны к азотному питанию, а сладкие – к калийному. Обычно под лук вся расчетная доза минеральных удобрений вносится до посева, посадки.

**Огурец** – требовательная к почвенному плодородию культура. Его корневая система располагается в верхнем слое почвы и слабо использует вещества из нижних слоев.

Лучшими почвами под огурцы являются легкие по механическому составу, окультуренные, высокогумусные почвы. Эта культура чувствительна к кислой реакции почвы, оптимальный интервал рН 6,5-7,0. Кислые почвы необходимо известковать.

Усвоение минеральных элементов в период вегетации идет неравномерно, основная часть (70-80%) расходуется в период плодоношения.

Важная особенность огурцов – высокая отзывчивость на внесение органических удобрений. Навоз, усиливая микробиологическую деятельность в почве, повышает питание огурцов углекислотой, которая выделяется из почвы.

Наивысшие урожаи получают от совместного внесения навоза и минеральных удобрений. На малогумусных почвах лучшая доза навоза – 60-80 т на 1 га.

На почвах со средним уровнем плодородия вносят 40-60 т навоза. Навоз вносится с осени под вспашку.

Основная часть расчетной дозы фосфора и  $2/3$  азота и калия вносится до посева. При этом фосфорные и калийные удобрения лучше вносить с осени локально, а азотные – весной перед посевом под культивацию.

Огурцы очень отзывчивы на подкормки. Первую подкормку проводят через 2-3 недели после всходов нитрофоской из расчета N 20 кг  $P_2O_5$  20 кг  $K_2O$  20 кг.

В период плодоношения проводится вторая подкормка с дозой N 20 кг  $K_2O$  60 кг на 1 га. Величина расчетных доз минеральных удобрений зависит от планируемого урожая.

Лучшими формами минеральных удобрений являются из азотных – аммиачная селитра и мочевины, из фосфорных – двойной суперфосфат, из калийных – сернокислый калий, калийная селитра, калимагнезия.

**Томаты** предпочитают хорошо окультуренные почвы легкого и среднего механического состава с высоким содержанием доступного фосфора. Томаты в начальный период развития очень чувствительны к недостатку фосфора, без повышенного фосфорного питания они не формируют высокого урожая.

Томаты лучше других культур переносят кислотность почвы. Оптимум развития для них находится в пределах pH 5,6-7,1. Поэтому на кислых почвах за счет известкования возможно значительное повышение урожая.

В начале вегетации, после высадки рассады, потребность в элементах питания сравнительно небольшая. В период плодоношения она резко возрастает, особенно в отношении азота и калия.

Правильное применение удобрений обеспечивает высокую урожайность, а также ускоряет созревание плодов. Азотные удобрения способствуют интенсивному нарастанию вегетативной массы, но затягивают созревание плодов.

Фосфорно-калийные удобрения на умеренном азотном фоне способствуют более дружному созреванию плодов, повышению их товарного качества.

На малогумусных почвах целесообразно внесение перегноя в дозе 30-40 т/га. Основную массу расчетной дозы удобрений вносят до посадки.

Томаты хорошо отзываются на подкормку минеральными удобрениями. Первую подкормку проводят азотно-фосфорными удобрениями через 15-20 дней после высадки рассады в дозе N 20 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30 кг на 1 га.

Вторую подкормку растений рекомендуют проводить азотно-калийными удобрениями в начале плодоношения в дозе N 20 кг K<sub>2</sub>O 40 кг на 1 га.

Для подкормки лучше использовать мочевины, двойной суперфосфат, сульфат калия.

## **8. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

### **8.1. Нормативная база для разработки системы**

Система удобрений в хозяйстве – это комплекс агрономических и организационных мероприятий по рациональному использованию минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов в целях повышения плодородия почвы, урожая сельскохозяйственных культур, улучшения качества продукции.

Важнейшим элементом системы применения удобрений в хозяйстве является наличие научно-обоснованной системы применения удобрений, обеспечивающей оптимизацию минерального питания возделываемых сельскохозяйственных культур с целью максимальной реализации потенциала продуктивности растений и воспроизводства почвенного плодородия.

При разработке научно-обоснованной системы применения удобрений необходимо использовать достоверную нормативную базу.

Одним из важнейших нормативных показателей являются зональные нормативы выноса питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур. Данные нормативы позволяют определить, какое количество питательных веществ выносятся с конкретного поля при получении планового урожая определенной культуры.

Нормативы хозяйственного выноса питательных веществ полевыми и овощными культурами, возделываемыми в условиях Иркутской области, отражены в приложении 6, 7, 8. Они рассчитаны на основе зональных нормативов выноса питательных веществ по основным сельскохозяйственным культурам, разработанных Центральным институтом агрохимического обслуживания (ЦИНАО, 1989 г.).

Основным нормативным документом при разработке системы применения удобрений для конкретного сельхозтоваропроизводителя являются ма-

териалы агрохимического обследования. Они позволяют оценить уровень почвенного плодородия по каждому полю и разработать мероприятия по воспроизводству почвенного плодородия и обеспечению необходимой продуктивности пашни.

Для оценки уровня плодородия конкретного поля или участка по результатам агрохимического обследования разработаны оценочные градации уровней плодородия по отдельным агрохимическим показателям, которые представлены в таблицах 42, 43.

Таблица 42 – Оценочные градации агрохимических показателей почв

Классы	Степень кислотности	pH сол.	Нг мг-экв./100 гр почвы	Оценка содержания гумуса в почве	Содержание гумуса, %	S мг-экв./100 гр почвы	V, %
I	Очень кислые	<4,0	>6,0	Очень низкое	< 2,0	< 5,0	< 30,0
II	Сильно-кислые	4,1-4,5	5,1-6,0	Низкое	2,1-4,0	5,1-10,0	30,1-50,0
III	Средне-кислые	4,6-5,0	4,1-5,0	Среднее	4,1-6,0	10,1-15,0	50,1-70,0
IV	Слабо-кислые	5,1-5,5	3,1-4,0	Повышенное	6,1-8,0	15,1-20,0	70,1-90,0
V	Близкие к нейтральной	5,6-6,0	2,1-3,0	Высокое	8,1-10,0	20,1-30,0	>90,0
VI	Нейтральные	>6,0	>2,0	Очень высокое	> 10,0	>30,0	-

Таблица 43 – Группировка почв по степени обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием, мг/кг почвы

Классы	Степень обеспеченности	Метод определения			
		по Кирсанову		по Мачигину	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I	Очень низкая	< 25	< 40	< 10	< 100
II	Низкая	25-50	41-80	11-15	101-200
III	Средняя	51-100	81-120	16-30	201-300
IV	Повышенная	101-150	121-170	31-45	301-400
V	Высокая	151-250	171-250	46-60	401-600
VI	Очень высокая	> 250	> 250	> 60	> 600

На основании этих оценочных градаций можно определить ограничивающие факторы плодородия по каждому полю и более объективно установить уровень плановых урожаев.

Таблица 44 – Объемная масса почв разного гранулометрического состава

Гранулометрический состав почв	Объемная масса 1 м <sup>3</sup> почвы в тоннах (т/м <sup>3</sup> )
Лёгкий суглинок	1,0
Средний суглинок	1,2
Тяжёлый суглинок	1,4
Глина	1,5

Обычно содержание подвижного фосфора и обменного калия определяют в слое 0-20 см, нитратного азота – в слое 0-40 см.

Таблица 45 – Средние коэффициенты использования подвижных норм фосфора и обменного калия из почв различными сельхозкультурами, %

Культуры	Почвы					
	дерново-подзолистые	серые лесные	чернозёмы бескарбонатные	чернозёмф карбонатные	каштановые	дерново-карбонатные
	метод Кирсанова		метод Чирикова	метод Мачигина		
1	2	3	4	5	6	7
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>						
Зерновые, однолетние и многолетние травы	5	8	10	15	15	15
Кукуруза на силос	5	8	10	15	15	15
Картофель	7	10	10	15	15	15
Подсолнечник	-	10	15	20	20	20
Корнеплоды и овощи	-	10	10	20	20	15
<b>K<sub>2</sub>O</b>						
Зерновые, однолетние и многолетние травы	10	12	12	5	5	5
Кукуруза на силос	20	25	20	7	7	15
Картофель	20	15	15	10	10	10
Подсолнечник	-	40	40	20	15	15
Корнеплоды и овощи	-	40	30	20	15	10

В материалах по агрохимическому обследованию содержание доступных форм питательных веществ в почве даётся в мг на 1 кг (мг/кг) пахотного горизонта.

С целью расчёта доли участия питательных веществ почвы в формировании планового урожая, необходим расчет содержания питательных веществ в пахотном горизонте в кг на 1 га. Для этого требуется иметь данные о гранулометрическом составе почв каждого поля и объемной массе пахотного горизонта. Пахотные земли региона представлены следующими разностями по гранулометрическому составу (таблица 44).

Таблица 46 – Обеспеченность почв нитратным азотом в зависимости от содержания гумуса и предшественника

Обеспеченность нитратным азотом	Содержание нитратного азота в слое 0-40 см мг/кг почвы	Условия накопления нитратного азота	
		Содержание гумуса в почве, %	Предшественник
Очень низкая	< 5	низкое 2,1-4,0 %	зерновой предшественник и поздно убранные однолетние травы
Низкая	5-10	низкое 2,1-4,0 %	пропашной предшественник, занятый пар
		среднее 4,1-6,0 %	зерновой предшественник
Средняя	10-15	низкое 2,1-4,0 %	паровой предшественник
		среднее 4,1-6,0 %	сидеральный, занятый пар
		высокое 6,1-10,0 %	пропашной предшественник
Высокая	> 15	среднее и высокое от 4,1 до 10,0 %	паровой предшественник

Для определения уровня использования растениями питательных веществ из почвы необходимы нормативные данные по коэффициентам использования питательных веществ из почвы. Эти данные отражены в таблицах 45 и 46.

На основании выше изложенного можно определить возможное использование растением питательных веществ почвы, а следовательно, высчитать величину предполагаемого урожая за счёт почвенного плодородия.

Недостающую часть питательных веществ, необходимых для получения планового урожая требуется восполнить за счёт органических и минеральных удобрений. При этом, обязательно учитываются нормативные коэффициенты использования растениями питательных веществ из органических и минеральных удобрений отраженные в следующей таблице.

Таблица 47 – Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических и минеральных удобрений, %

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Низкие и средние нормы удобрений						
1-й	20-25	25-30	40-50	40-60	15-20	40-60
2-й	20	10-15	10-15	-	10-15	15-20
3-й	10	2	-	-	5	-
Повышенные и высокие нормы удобрений						
1-й	15-20	15-25	30-40	30-40	10-15	30-40
2-й	15	10	10	-	5-10	10-15
3-й	10	5	-	-	5	-

Согласно методике ЦИНАО (1985 г.) Восточно-Сибирским филиалом ВНИИПТИХИМ разработаны зональные нормативы затрат минеральных удобрений на производство 1 ц продукции по почвенно-климатическим зонам Иркутской области. Эти нормативы представлены в таблице 48.

Приведённые в таблице 48 нормативы затрат удобрений на единицу урожая приемлемы при средних уровнях обеспеченности почв питательными веществами. Для использования их при расчёте доз удобрений на почвах с разными уровнями содержания питательных веществ, разработаны зональные поправочные коэффициенты на почвенное плодородие (Таблицы 49, 50).



Таблица 48 – Нормативы затрат минеральных удобрений на 1 ц продукции (кг д.в./ц) по зонам Иркутской области.

Культуры	Нормативы затрат удобрений кг д.в./ц											
	Лесостепная				Остепнённая				Подтаёжно-таёжная			
	Всего	в том числе			Всего	в том числе			Всего	в том числе		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Яровая пшеница	5,4	1,9	1,8	1,7	8,4	2,8	2,9	2,7	5,6	1,9	1,9	1,8
Ячмень	5,8	1,9	1,9	2,0	5,2	1,5	2,2	1,5	5,1	1,7	1,7	1,7
Овёс	5,3	1,9	2,0	1,6	6,5	1,9	2,4	1,9	4,8	1,7	1,7	1,4
Горох	7,0	1,8	2,8	2,3	8,5	2,0	3,4	2,7	6,4	1,8	2,4	2,2
Картофель	1,14	0,45	0,35	0,34	1,3	0,48	0,47	0,37	1,14	0,45	0,35	0,34
Овощи	0,82	0,3	0,23	0,29	0,99	0,33	0,27	0,34	0,87	0,3	0,25	0,32
Кукуруза на силос, прочие силосные	0,93	0,4	0,24	0,29	1,06	0,44	0,28	0,34	0,93	0,4	0,24	0,29
Кормовые корнеплоды	0,70	0,21	0,21	0,28	0,8	0,23	0,25	0,33	0,7	0,21	0,21	0,28
Однолетние травы на сено	4,3	2,4	1,4	1,5	6,05	2,6	1,7	1,75	3,9	1,3	1,2	1,4
Многолетние травы на сено	5,16	1,73	1,67	1,76	5,97	1,9	2,01	2,06	4,81	1,73	1,43	1,65

Таблица 49 – Поправочные коэффициенты к нормам азотных удобрений в зависимости от содержания гумуса и предшественника

Содержание гумуса, %	Предшественник			
	Пар	Пласт многолетних трав	Пропашные	Зерновые
Очень низкое, ≤ 2 %	0,8-1,0	0,7-1,0	1,0-1,1	1,1-1,3
Низкое, 2-4 %	0,6-0,9	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2
Среднее, 4-6 %	0,4-0,7	0,5-0,7	0,7-0,9	0,8-1,1
Повышенное, 6-8 %	0,2-0,5	0,5-0,7	0,6-0,8	0,7-1,0
Высокое, ≥ 8	0-0,3	0,4-0,6	0,5-0,7	0,6-0,9

Таблица 50 – Поправочные коэффициенты к нормам фосфорно-калийных удобрений в зависимости от обеспечения почв фосфором и калием

Содержание питательных веществ в почве по картограммам агрохимобследования	Поправочные коэффициенты под культуры				
	яровые зерновые	зерно-бобовые	пропашные	овощи	кукуруза
I. Подвижный P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Фосфорные удобрения				
1. Очень низкое	1,3	1,5	1,7	1,7	1,5
2. Низкое	1,2	1,0	1,4	1,5	1,2
3. Среднее	1,0	0,7	1,0	1,3	1,0
4. Повышенное	0,8	0,5	0,6	1,0	0,5
5. Высокое	0,3	0,2	0,4	0,7	0,4
6. Очень высокое	-	-	-	-	-
II. Обменный K <sub>2</sub> O	Калийные удобрения				
1. Очень низкое	1,2	1,5	1,5	2,0	1,5
2. Низкое	1,1	1,7	1,3	1,5	1,3
3. Среднее	1,0	1,0	1,0	1,3	1,0
4. Повышенное	0,6	0,7	0,7	1,0	0,7
5. Высокое	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5
6. Очень высокое	-	-	-	-	-

Основным ориентиром в определении доз азотных удобрений под ту или иную культуру является содержание нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>) в пахотном слое перед посевом. Учёными-агрохимиками разработана шкала обеспеченности почв нитратным азотом (таблица 51).

Таблица 51 – Шкала обеспеченности почв нитратным азотом и потребность в азотных удобрениях

Обеспеченность растений азотом	Содержание нитратного азота в слое 0-40 см, мг/кг почвы	Потребность в удобрениях
Очень низкая	5	очень сильная
Низкая	5-10	сильная
Средняя	10-15	средняя
Высокая	> 15	отсутствует

На основании многолетних опытных данных с удобрениями, в пределах основных почвенно-климатических зон Иркутской области, агрохимической службой разработаны нормативы определения доз удобрений под ос-

новные полевые культуры в зависимости от уровня почвенного плодородия и предшественников.

Примерные уровни применения удобрений по почвенно-климатическим зонам представлены в приложениях 9, 10, 11. Нормативной базой для определения количества питательных веществ, внесенных с соответствующей нормой тех или иных органических удобрений, является примерный химический состав органических удобрений, представленный в приложении 12.

Характеристика основных минеральных удобрений с содержанием действующего вещества представлена в таблицах 23, 24, 25 данного учебного пособия. Этими таблицами следует пользоваться для перевода доз минеральных удобрений, рассчитанных по действующему веществу в дозу по физическому весу.

## **8.2. Методы определения оптимальных доз удобрений**

Первостепенной задачей в системе удобрений является определение наиболее приемлемого метода расчета общей дозы удобрений на запланированный урожай.

В соответствии с наличием нормативной базы (см. раздел VII данного справочника) для условий Иркутской области приемлемы следующие методы расчета:

- метод элементарного баланса;
- нормативный метод;
- метод оптимизации баланса.

### **Метод элементарного баланса**

Расчет норм удобрений этим методом проводят по выносу элементов питания запланированным урожаем (на единицу основной и побочной продукции), с учетом данных агрохимического состояния и коэффициентов использования элементов питания из почвы. Недостающая для создания плани-

руемого урожая часть питательных веществ почвы восполняется внесением органических и минеральных удобрений с учетом соответствующих коэффициентов использования элементов из этих удобрений.

$$D_{N,P,K} = \frac{V_y - (Z * K_n + O * K_o + П * K_1)}{K_2},$$

- где  $D_{N,P,K}$  — доза питательных веществ на планируемый урожай в кг д.в./га;
- $V_y$  — вынос питательных веществ с плановым урожаем в кг (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) с гектара (плановый урожай  $x$  на норматив выноса питательных веществ культурой – приложение 6, 7, 8);
- $Z$  — запасы доступных форм питательных веществ в почве (кг/га). Для подвижного фосфора и обменного калия в слое 0-20 см, для нитратного азота в слое 0-40 см. Для расчета количества питательных веществ (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) в мг/кг почвы берется из материалов агрохимобследования. Затем, с использованием данных таблицы 30 определяется вес пахотного горизонта 1 га данного поля и высчитывается содержание питательных веществ в этом объеме почвы;
- $K_n$  — коэффициент использования питательных веществ из почвы в долях единиц, для N-NO<sub>3</sub> он равен 0,8. Коэффициент использования P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O определяется с использованием данных таблицы.
- $O$  — количество питательных веществ, внесенное с соответствующей дозой органических удобрений в кг/га. Рассчитывается на основании нормативных данных содержания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O в соответствующем органическом удобрении (см. приложение 12);
- $K_o$  — коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений в долях единицы в год действия или последействия. Этот коэффициент определяется с использованием данных таблицы;
- $П$  — внесено минеральных удобрений под предшественник в кг д.в./га;
- $K_1$  — коэффициент последействия минеральных удобрений в долях единиц. Определяется с использованием данных таблицы;
- $K_2$  — коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений в долях единиц. Определяется с использованием данных таблицы (1-й год действия);

Преимуществом этого метода является возможность расчета примерных доз минеральных удобрений на плановый урожай под все культуры с учетом плодородия почв, уровня применения органических удобрений, уровня удобренности предшественника, а также зональных коэффициентов использования питательных веществ из минеральных удобрений.

Вместе с тем при недостатке у специалиста-агронома практического опыта и достоверных данных по климатическим и агротехническим условиям, необходимых для определения реальной плановой урожайности возможно значительное отклонение расчетной дозы от оптимальной.

### Нормативный метод

Расчет доз удобрений ведется под прогнозируемый уровень урожайности по нормативам затрат питательных веществ на единицу основной и побочной продукции с использованием поправочных коэффициентов на показатели почвенного плодородия.

$$D_{N,P,K} = (U_n * H) * K_n - (O * K_o + П * K_1),$$

- где  $D_{N,P,K}$  — необходимое количество питательных веществ минеральных удобрений (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) в кг д.в./га для получения плановой урожайности;
- $U_n$  — планируемая урожайность основной продукции (ц/га);
- $H$  — норматив затрат питательных веществ минеральных удобрений (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) в кг на 1 ц основной продукции, определяется по данным таблицы;
- $K_n$  — поправочный коэффициент на почвенное плодородие. Определяется с использованием данных таблиц;
- $O$  — количество питательных веществ (кг/га) в дозе органических удобрений, внесенной под данную культуру или предшественник. Рассчитывается на основании нормативных данных содержания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O в органическом удобрении (приложение 12);
- $K_o$  — коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений в год действия или последствия (по данным таблицы);
- $П$  — внесено минеральных удобрений под предшественник в кг д.в./га;
- $K_1$  — коэффициент последствия минеральных удобрений в долях единиц. Определяется с использованием данных

таблицы.

Недостатком данного метода является ограниченность его применения по ассортименту возделываемых культур, так как достоверная нормативная база по нормативам затрат минеральных удобрений на производство единицы продукции имеется только для ведущих культур.

### Метод оптимизации баланса

$$D_{N,P,K} = Vy * Kп - (O * Ko + П * K_1),$$

- где  $D_{N,P,K}$  – - доза питательных веществ на планируемый урожай в кг д.в./га ;
- $Vy$  – - вынос питательных веществ с плановым урожаем в кг (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) с гектара (плановый урожай × на норматив выноса питательных веществ культурой – приложение 6, 7, 8);
- $Kп$  – - зональные поправочные коэффициенты на почвенное плодородие. Определяется с использованием данных таблиц 35 и 36;
- $O$  – - количество питательных веществ внесенных с органическими удобрениями под данную культуру или предшественник. Нормативные данные по содержанию N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O в органическом удобрении имеются в приложении 12;
- $Ko$  – - коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений в долях единиц, внесенных под данную культуру или предшественник (по данным таблицы);
- $П$  – - внесено минеральных удобрений под предшественник в кг д.в./га;
- $K_1$  – - коэффициент последствия минеральных удобрений в долях единиц (по данным таблицы);

Преимущество данного метода – его универсальность и простота расчета. В основу планируемой дозы входит величина выноса питательных веществ с урожаем. Введение зональных поправочных коэффициентов на почвенное плодородие позволят постепенно оптимизировать соотношение питательных веществ на каждом конкретном поле. Этот метод исключает возможность внесения избыточных доз удобрений, обеспечивает возмещение выноса питательных веществ с урожаем и сохранение почвенного плодородия и наиболее приемлем к использованию в производственных условиях.

## 9. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

### 9.1. Технология применения удобрений

По назначению и времени внесения удобрение бывает основное (допосевное), припосевное (одновременно с посевом, посадкой) и послепосевное (подкормки).

**Основное удобрение.** Основное (допосевное) удобрение предназначено обеспечить растение элементами питания на весь период его развития. При допосевном (основном) удобрении вносят большую часть общей дозы удобрений, а иногда и всю дозу, предусмотренную под данную культуру.

Основное (допосевное) удобрений вносят вразброс или локально. Внесение удобрений вразброс состоит из разбрасывателя удобрений по поверхности и последующей их заделкой в почву плугом, культиватором или дисковыми боронами.

Разбросной способ должен обеспечивать равномерное распределение удобрений по площади поля. При разбросном способе внесения удобрений используют прицепные тракторные разбрасыватели РМГ-4, РУМ-8, РУМ-16, прицепные туковые сеялки РТТ-4,2 и другие сельскохозяйственные машины.

При заделке удобрений под вспашку основное их количество размещается в почве на глубину 9-20 см. В результате этого оно малодоступно растениям в начале вегетации.

При заделке культиваторами и дисковыми боронами 55-75% удобрений размещается в поверхностном слое почвы на глубине 0-3 см, который быстро пересыхает и питательные вещества плохо используются растениями.

Более прогрессивным способом внесения удобрений является локальный. При локальном внесении удобрений они слабо перемешиваются с почвой и элементы питания дольше сохраняются в доступном для растения состоянии. При локализации удобрения расходуются экономнее. Для получе-

ния одинаковой прибавки урожая дозу локального удобрения можно уменьшить в 1,5-2 раза по сравнению с разбросным.

К локальным способам внесения основного (припосевного) удобрения относятся:

1. **Ленточное** – удобрения в почве размещают лентами шириной 2-4 см с интервалами между ними 12-17 см. Для внесения удобрений используют зернотуковые сеялки, переоборудованные зерновые сеялки, культиваторы-растениепитатели.

2. **Гнездовое** – внесение удобрений концентрированными очагами различной формы, расположенными вблизи семян, клубней или растений (рассады).

3. **Экранное** – внесение удобрений сплошным экраном на заданную глубину при безплужной плоскорезной обработке почвы. Для этого используют плоскорезы-удобрители-глубокорыхлители. Удобрения располагаются сплошным экраном на глубине 12-16 см.

Сроки и способы внесения основного удобрения зависят от климатических условий зоны, свойств почвы и формы удобрений.

Так в засушливой зоне региона почти всю запланированную дозу удобрения (за исключением припосевной) следует вносить осенью с последующей заделкой плугом с предплужниками (при вспашке зяби). Опытами доказано, что в засушливых условиях заделка удобрений культиватором снижает их эффективность в 1,5-2 раза.

В зонах с достаточным увлажнением удобрения лучше вносить дробно: 60-70% – до посева, остальную часть – в рядки при посеве и в подкормку. Особенно эффективно дробное внесение азотных удобрений.

Выбор оптимальных сроков внесения основного удобрения в значительной мере определяется свойствами почвы и свойствами вносимых удобрений.

На лёгких по механическому составу почвах, при достаточном увлажнении осеннее внесение азотных удобрений, особенно нитратных форм, мо-



жет привести к значительным потерям азота. Это происходит за счет его миграции за пределы корнеобитаемого слоя. Поэтому в этих условиях азотные удобрения следует вносить весной.

Фосфорные и калийные удобрения в большинстве сельскохозяйственных районов области лучше вносить с осени под зябь. Фосфор и калий удобрений хорошо удерживается почвой, основная часть питательных веществ заделывается плугом во влажный корнеобитаемый слой и лучше затем усваивается растениями. Кроме того, при внесении осенью хлорсодержащих калийных удобрений, часть хлора вымывается за пределы корнеобитаемого слоя, что положительно сказывается на развитии растений.

Осенью под зябь можно также вносить аммиачные формы азотных удобрений, так как они быстро обменно поглощаются почвой и хорошо удерживаются в корнеобитаемом слое к началу вегетации.

**Припосевное удобрение.** Припосевное удобрений вносят одновременно с посевом или посадкой полевых и овощных культур непосредственно в рядки или заделывают лентами на некотором удалении от них.

Припосевное внесение удобрений улучшает корневое питание растений в начальный период жизни, когда корневая система слабо развита. Этот прием особенно эффективен при ранних сроках сева, когда всходы появляются на слабо прогретой почве. При температуре почвы ниже +10°C азот и фосфор слабо поглощаются молодыми растениями.

Искусственное повышение концентрации этих элементов в прикорневой зоне путем внесения небольших доз (10-20 кг/га) каждого элемента при посеве обеспечивает питание растений в этот критический период. Для этих целей используют гранулированный (лучше двойной) суперфосфат, из азотных – аммиачную селитру. Отличные результаты дает использование для припосевного внесения сложно-смешанных удобрений, таких как: нитроаммофос, нитрофоска, азофоска и другие.

Припосевное внесение удобрений осуществляется при использовании для посева зернотуковых сеялок (СЗП-3,6 и др.), посевных комплексов и т.д.

Подкормка – внесение удобрений после посева или посадки. Она позволяет обеспечить оптимальные условия питания растений в определенные периоды их развития. Удобрения при подкормке вносят в сухом виде или в виде растворов по вегетирующим растениям и внутрипочвенно при между-рядных обработках.

Поверхностная подкормка применяется на многолетних травах и зерновых культурах. На пропашных культурах подкормку проводят внутрипочвенно, при междурядных обработках, используя культиваторы-растениепитатели КОН-4,2 и КРН-5,6.

Необходимость проведения подкормок определяется с помощью растительной диагностики.

Растительная диагностика подразделяется на визуальную и химическую.

**Визуальная диагностика.** Умение распознать в производственных условиях недостаток того или другого питательного элементов почве по внешним признакам растений очень важно для установления необходимости проведения подкормок, улучшения питания сельскохозяйственных культур в текущем году, уточнения системы удобрения на последующие годы.

Визуальная диагностика требует большого внимания, соответствующих навыков у земледельца и вдумчивого подхода. Признаки голодания растений при недостатке тех или иных элементов питания, используемые в визуальной диагностике, отражены в разделе «Корневое питание растений, химический состав растений» данного учебного пособия.

Недостаток элементов питания начинает отрицательно оказываться на состоянии и росте растений, как правило, значительно раньше появления признаков голодания, которое можно обнаружить визуально. Часто в то время, когда появляются признаки голодания, исправить положение бывает очень трудно или невозможно.

Из этого вытекает необходимость в более ранней диагностике питания растений. Это возможно осуществить с помощью химической диагностики.

Химическая диагностика подразделяется на тканевую и листовую.

При проведении тканевой диагностики определяют содержание неорганических соединений в тканях, соке или вытяжке из растений. Для проведения тканевой диагностики используют портативный прибор ОП-2 или полевую сумку Магницкого. Полученные при тканевой диагностике результаты сравнивают со шкалой оптимумов и определяют необходимость подкормок.

Листовая диагностика основана на валовой химическом анализе диагностируемых органов. Полученные данные по валовому химическому составу диагностируемого органа сопоставляют с таблицами оптимумов, полученных экспериментальным путем, и определяют необходимость в подкормке.

Использование результатов растительной диагностики делают возможным корректировать условия питания по фазам развития растения.

## **9.2. Технология применения мелиорантов**

Почвы с повышенной кислотностью имеют плохие физико-химические и физические свойства. Коллоидная часть почв бедна кальцием, магнием, но богата водородом и подвижными катионами алюминия, марганца и железа.

Высокая концентрация водорода отрицательно влияет на физико-химическое состояние протоплазмы клеток корня, затрудняет рост корневой системы, нарушает нормальную проницаемость и обмен веществ в корнях. В связи с этим ухудшаются условия питания растения в целом.

В кислой среде наблюдается низкая биологическая активность почв, подавляется развитие полезных микроорганизмов. При рН ниже 4,5 прекращается азотфиксация, подавляется жизнедеятельность эндомикозных грибов, мобилизующих фосфор из труднодоступных для растений почвенных фосфатов, но активно размножаются патогенные грибы. Кроме того на кислых почвах значительно снижается эффективность вносимых удобрений.

По степени кислотности почвы делятся на следующие группы (таблица 52)

Таблица 52 – Группировка почв по величине рН солевой вытяжки (обменной кислот, рН) и гидролитической кислотности (Нг)

Класс почвы	рН солевой вытяжки	Нг гидролитическая кислотность	Степень кислотности почвы
1	2	3	4
1	4,0 и ниже	более 6,0	очень сильноокислая
2	4,1-4,5	5,1-6,0	сильноокислая
3	4,6-5,0	4,1-5,0	среднеокислая
4	5,1-5,5	3,1-4,0	слабоокислая
5	5,6-6,0	2,1-3,0	близкая к нейтральной
6	6,0 и более	менее 2,0	нейтральная

### Известкование кислых почв

Одним из главных приёмов улучшения свойств кислых почв является известкование.

Известь оказывает многостороннее положительное действие на почву. Нейтрализует минеральные и органические кислоты, вытесняет ионы водорода из поглощающего комплекса, что приводит к устранению актуальной и обменной, значительному снижению гидролитической кислотности почв. Улучшается катионный состав почвенного поглощающего комплекса в результате замещения ионов водорода и алюминия на катионы кальция и магния. Благодаря этому повышается степень насыщенности почв основаниями и увеличивается ёмкость поглощения.

При известковании кислых почв в результате усиления микробиологических и биохимических процессов увеличивается количество нитратов, усвояемых форм фосфора и калия.

С известкованием увеличивается количество кальция, а при использовании доломитовой муки – и магния. При этом подвижные токсические формы алюминия и марганца переходят в нерастворимую, осажденную форму, доступность железа, меди, цинка и марганца снижается. Вместе с тем возрастает доступность для растений азота, серы, калия, кальция, магния, фосфора и молибдена.

В интервале рН 5,5-7,0 создаются:

- наиболее благоприятная агрономическая структура почв;
- оптимальный водный режим;
- оптимальные условия для повышения гумуса почвы.

Известкование полностью удовлетворяет потребность растений в кальции, как элементе минерального питания, повышает эффективность физиологически кислых минеральных удобрений, особенно аммиачных и калийных.

Сочетание известкования с применением удобрений повышает их эффективность на 25-50%.

Существенное влияние ионы  $\text{Ca}^{2+}$  оказывает и на растения. При известковании улучшается качество сельскохозяйственных культур, особенно бобовых. У бобовых при известковании содержание белка увеличивается благодаря лучшему развитию клубеньковых бактерий, фиксирующих азот из атмосферы.

У остальных сельскохозяйственных растений содержание белка увеличивается из-за устранения излишней кислотности, а также связывания подвижных форм алюминия, отрицательно влияющих на синтез белка.

Чтобы приступить к известкованию, необходимо, прежде всего, установить нуждаемость почв в этом приёме. Необходимость известкования определяют:

1. По морфологическим признакам. Сильно кислые почвы имеют белесый оттенок, ярко выраженный подзолистый горизонт.
2. По растительности. На кислых почвах растут щавель, хвощ полевой, ситник, щучка, лютик ползучий.
3. Более точно нуждаемость в известковании определяют по картограммам, полученным на основе агрохимического обследования почв. Обычно потребность в извести определяют по рН солевой вытяжки и степени насыщенности основаниями ( $V\%$ ). В настоящее время приняты следующие показатели, которые отражены в таблице 53.

Таблица 53 – Определение потребности почвы в известковании в зависимости от её кислотности и степени насыщенности основаниями

рН полевой вытяжки	Степень насыщенности основаниями V%	Потребность почв в известковании
меньше 4,5	меньше 50 %	высокая
4,6-5,0	50-70 %	средняя
5,1-5,5	70-80 %	слабая
выше 5,5	более 80 %	отсутствует

По отношению к реакции среды сельскохозяйственные растения подразделяются на несколько групп (таблица 54).

Таблица 54 – Группировка сельскохозяйственных культур по их отношению к кислотности почв

Группа культур	Культура	Отношение к кислотности почв	Оптимальное значение рН
1	2	3	4
1	Свекла сахарная, столовая, кормовая, капуста белокачанная, лук, чеснок, люцерна, клевер, донник, эспарцет	Растения, наиболее чувствительные к реакции почвы. Для них лучше нейтральная и даже щелочная реакция. Очень хорошо отзываются на известкование, особенно на почвах с рН 5,5 и ниже	6,5-7,2
2	Пшеница яровая, ячмень, горох, пелюшка, кукуруза, вика, кормовые корнеплоды, огурец, салат, тыква, фасоль	Растения чувствительные к повышенной кислотности, лучшая для них реакция почвы слабокислая и нейтральная. Хорошо отзываются на известкование, особенно на почвах с рН 5,0 и ниже	5,7-7,0
3	Овёс, рожь озимая, гречиха, редька, редис, томат, морковь	Растения, менее чувствительные к повышенной кислотности. Положительно отзываются на известкование, особенно на почвах с рН 5,0 и ниже	5,1-6,0
4	Картофель	Эта культура малочувствительна к умеренной почвенной кислотности. Положительно реагирует на известкование только на сильно кислых почвах с рН 4,5 и ниже	

Необходимо также учитывать отношение к реакции почвы и известкованию сельскохозяйственных растений.

Большинство культурных растений и почвенных микроорганизмов лучше развиваются при слабокислой и нейтральной реакции почв.

Различные растения по-разному относятся к реакции среды, имеют неодинаковый интервал рН, благоприятный для их роста и развития.

### Дозы внесения извести

Для большинства культур наиболее благоприятная для роста реакция почвы находится в интервале значений рН 5,6-6,0. Чтобы достигнуть такого значения рН на кислых почвах необходимо нейтрализовать их избыточную кислотность. Количество необходимой для этого извести рассчитывается по гидролитической кислотности

$$D \text{ CaCO}_3 \text{ (т/га)} = 1,5 \times H_r,$$

где,  $D \text{ CaCO}_3$  – доза извести в тоннах на 1 га;

$H_r$  – гидролитическая кислотность почвы.

Для производственных целей дозы внесения извести определяют по величине рН солевой вытяжки с учётом гранулометрического состава почвы и содержания в ней органического вещества (таблица 55).

Таблица 55 – Дозы извести ( $\text{CaCO}_3$ , т/га) для известкования кислых почв с содержанием гумуса < 3 %

Гранулометрический состав почв	Доза извести ( $\text{CaCO}_3$ )	Степень кислотности почв (рН сол.)					
		Очень сильно кислые	Среднекислые			Слабокислые	
			4,5 и ниже	4,6	4,8	5,0	5,2
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	т/га	4,5 (+1,4)	4,0 (+0,3)	3,5 (+0,3)	3,0 (+0,3)	2,5 (+0,2)	2,0
2. Среднесуглинистые	т/га	6,0 (+2,2)	5,5 (+0,3)	5,0 (+0,3)	4,5 (+0,3)	4,0 (+0,2)	3,5
3. Тяжелосуглинистые и глинистые	т/га	8,0 (+2,3)	7,5 (+1,0)	6,5 (+0,5)	5,5 (+0,5)	5,0 (+0,3)	4,5

**Примечание:** на кислых почвах с содержанием гумуса >3% доза CaCO<sub>3</sub> (т/га) увеличивается на значение, указанное в скобках.

Сведения для определения доз извести по таблице 10 имеются в таблицах к пояснительной записке к картограммам агрохимического обследования почв (агрохимическая характеристика почв по содержанию гумуса и степени кислотности).

Необходимую дозу CaCO<sub>3</sub> (т/га) для сдвига pH на определенное значение можно также рассчитать по данным, отраженным в таблице 56.

Таблица 56 – Ожидаемое повышение pH в 20-ти сантиметровом пахотном слое сильно и среднекислых почв при внесении 1 т чистого CaCO<sub>3</sub>

Гранулометрический состав почвы	Ожидаемый сдвиг pH от 1 тонны CaCO <sub>3</sub>	
	Содержание гумуса до 3 %	Содержание гумуса более 3 %
Песчаные и супесчаные почвы	0,4-0,6	0,35-0,45
Лёгкий суглинок	0,3-0,35	0,25-0,3
Средний суглинок	0,15-0,20	0,12-0,17
Тяжелосуглинистые и глинистые	0,10-0,15	0,08-0,1

Данные таблицы дают возможность рассчитывать дозу извести для нейтрализации кислой почвы, до заранее намеченного значения pH.

#### **Рассмотрим это на примере:**

Необходимо нейтрализовать кислую тяжелосуглинистую почву с pH 4,2 доведя его значение до pH 5,2. Содержание гумуса в почве менее 3%, мощность пахотного слоя 22 см.

Доза извести рассчитывается по следующей формуле:

Доза CaCO<sub>3</sub> (т/га) = (pH<sub>план</sub> – pH<sub>начальная</sub>): ожидаемый сдвиг pH (из таблицы 25) x (мощность пахотного слоя: 20)

В нашем примере доза CaCO<sub>3</sub>=(5,2-4,2):0,125 x (22:20) = 1,0:0,125x1,1 = 8,8 т/га.



## Расчет дозы внесения известковых удобрений

На практике для нейтрализации кислых почв используют не чистый  $\text{CaCO}_3$ , а различные известковые удобрения – мелиоранты кислых почв (известняковую и доломитовую муку, жжёную и гашёную известь, природные залежи мягких известковых пород и т.д.). Эти известковые удобрения содержат разное количество  $\text{CaCO}_3$  и других, нейтрализующих почвенную кислотность веществ. В них также содержится влага, различные примеси и недействительные частицы крупнее 1 мм, которые крайне медленно взаимодействуют с почвой и практически не снижают кислотности.

Всё это необходимо учитывать при расчёте доз внесения отдельных видов известковых удобрений. Расчёт производится по следующей формуле:

$$H \text{ (т/га)} = \frac{\text{CaCO}_3 \times 100^3}{\Pi \times (100 - B) \times (100 - Z)}$$

где,  $H$  (т/га) – доза внесения известкового удобрения;  $\text{CaCO}_3$  – доза внесения извести, определенная, согласно таблиц 10 или 11, т/га;  $B$  – влажность известкового удобрения, %;  $Z$  – количество частиц крупнее 1 мм, %;  $\Pi$  – нейтрализующая способность известкового удобрения в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ , %.

Кроме устранения негативного воздействия высокой кислотности известкование играет важную роль, как мелиоративный прием на почвах, загрязненных тяжелыми металлами.

Известкование приводит к иммобилизации тяжелых металлов, радионуклидов и других токсических элементов. Это позволяет получать экологически безопасную продукцию на техногенно загрязненных территориях, что актуально для нашего региона. В Иркутской области около 200 тыс.га сельскохозяйственных угодий, расположенных вблизи промышленных объектов городов Ангарска, Шелехова, Усолья-Сибирского, Зимы, Братска, в той или иной мере загрязнены тяжелыми металлами.

## Эффективность известкования

Известкование – один из наиболее экономически выгодных приемов повышения урожая сельскохозяйственных культур на кислых почвах.

По данным ВИУА за ротацию 6-8-польного севооборота 1 тонна СаСО<sub>3</sub> обеспечивает прибавку урожая сельскохозяйственных культур 6-8 ц/га зерновых единиц (таблица 57).

Таблица 57 – Примерные прибавки урожая различных культур в зависимости от дозы внесения извести (данные ВИУА)

Культура	Кислотность почвы, рН	Прибавка урожая	Дозы внесения извести (СаСО <sub>3</sub> ), т/га			
			2-4 т	4-6 т	6-8 т	8 т
Ячмень	4,5 и ниже	ц/га	3,9	4,6	5,4	6,6
	4,6-5,0		2,7	4,0	4,6	5,0
	5,1-5,5		1,0	1,5	2,0	2,5
Овёс	4,5 и ниже	ц/га	2,0	2,3	2,6	2,9
	4,6-5,0		1,7	2,0	2,2	2,5
	5,1-5,5		0,5	1,0	1,2	1,2
Пшеница яровая	4,5 и ниже	ц/га	2,0	2,4	2,6	2,8
	4,6-5,0		1,0	1,5	2,0	2,0
	5,1-5,5		0,5	0,8	0,8	1,0
Кукуруза (зеленая масса)	4,5 и ниже	ц/га	40,0	60,0	70,0	80,0
	4,6-5,0		20,0	30,0	40,0	40,0
	5,1-5,5		10,0	15,0	20,0	20,0
Картофель	4,5 и ниже	ц/га	10,0	14,0	18,0	20,0
	4,6-5,0		13,0	17,0	17,0	10,0
	5,1-5,5		5,0	5,0	5,0	0,0
Капуста кочанная	4,5 и ниже	ц/га	40,0	44,0	41,0	39,0
Морковь	4,5 и ниже	ц/га	-	29,0	-	34,0
Однолетние травы (сено)	4,5 и ниже	ц/га	12,0	14,0	16,0	16,0
	4,6-5,0		6,0	8,0	10,0	10,0
	5,1-5,5		5,0	8,0	8,0	8,0
Многолетние травы (сено)	4,5 и ниже	ц/га	18,0	25,0	27,0	30,0
	4,6-5,0		12,0	15,0	18,0	20,0
	5,1-5,5		9,0	12,0	13,0	15,0

Из зерновых культур на кислых почвах особенно хорошо отзывается на известкование ячмень, а из зернобобовых – горох. Клевер также хорошо отзывается на внесение извести под покровную культуру.

По данным ВИУА длительность действия известкования прослеживается в течение 10-12 лет. Необходимость повторного известкования и дозы извести устанавливает агрохимслужба, которая проводит агрохимобследование почв через каждые 5-6 лет.

## Контроль качества работ по известкованию

При проведении известкования необходимо систематически осуществлять контроль за выполнением агротехнических требований по качеству работ. К наиболее важным показателям относятся: неравномерность разбрасывания по ширине захвата, отклонение от расчетной дозы, россыпи на поле и разворотных полосах и т.д.

Наиболее важные из требований представлены в таблице 58.

Таблица 58 – Показатели оценки качества работы при внесении известковых удобрений

Технологические показатели	Оценка качества			
	отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
1. Неравномерность разбрасывания по рабочей ширине захвата агрегата : а) с центробежным разбрасывателем б) с пневматическим разбрасывателем	до $\pm 15\%$	$\pm 16-20\%$	$\pm 21-25\%$	свыше 25%
	до $\pm 20\%$	$\pm 21-25\%$	$\pm 26-30\%$	свыше 30%
2. Отклонение от дозы	до $\pm 3\%$	$\pm 4-5\%$	$\pm 6-10\%$	свыше 10%
3. Рабочая ширина захвата	выдерживается	выдерживается	небольшие отклонения	огрехи на стыках проходов

Для внесения в почву пылевидных известковых материалов обычно используются автомобили-разбрасыватели АРУП-8, а также РУП-8 и РУП-19. Эти агрегаты имеют пневматическую систему разбрасывания.

Слабопылящие материалы вносят прицепными разбрасывателями, оборудованными центробежными рабочими органами РУМ-8, РУМ-16, МВУ-12 и другими.

Контроль качества работы агрегатов осуществляется ежедневно, оценка проводится визуально.

Лучше вносить известковые удобрения осенью под вспашку зяби или на паровом поле под культивацию. При необходимости их можно вносить весной, под предпосевную культивацию или дискование.

### **9.3. Технология фитомелиорации почв**

К числу фитомелиоративных растений отнесены новые многолетние растения: горец растопыренный свербига восточная, козлятник восточный.

Растения-фитомелиоранты возделываются на низко плодородных, истощенных и эродированных почвах в первой декаде мая, второй культурой после пара, обработка почвы зяблевая, перед посевом проводится культивация с боронованием и предпосевное прикатывание. Норма высева: горца – 18 кг/га, свербиги – 70-30 кг/га, козлятника – 25 кг/га. Обязательным прием является прикатывание после посева и двукратное подкашивание сорной растительности. Во второй, третий и четвертые годы посевы используются на кормовые или семенные цели. На фитомелиоративные цели эти растения используются в зависимости от потребности в кормах на пятый, шестой и последующие годы. В этих случаях будет усиливаться их фитомелиоративная функция. В год перед запашкой растительного опада и поукосных остатков укос на кормовые цели проводится не позднее 20 июля. В конце проводится перепашка плантаций и во второй декаде сентября – культивация.

Растения-фитомелиоранты обладают мощной корневой системой. количество свежего органического вещества, поступающего в почву вместе с корневыми и поукосными остатками достигло: при возделывании козлятника восточного – 28,79 т/га, свербиги восточной – 28,27 т/га, горца растопыренного – 30,02 т/га. Поступившее в почву свежее органическое вещество послужило источником для образования гумуса. Его содержание в слое почвы 0-40 см за четыре года увеличилось на 15-17 т/га.





Рисунок 4 – Корневая система свербиги восточной

Корневая система фитомелиоративных растений обладает способностью усваивать рассеянный в почвенной толще азот, а из труднорастворимых соединений и подпахотных горизонтов – фосфор, калий и кальций. содержание азота в корневых и поукосных остатках достигло 318,7-456,9 кг/га, фосфора – 50,2-64,6, калия – 143,6-489,3, кальция – 116,1-296,1 кг/га.

Фитомелиоративные растения оказывают положительное влияние на химические свойства почвы. Изменение показателей почвенной кислотности (величина рН) составило 0,17 единиц (с 5,08 до 5,25).

Под воздействием фитомелиорантов улучшились физические свойства почв, повысилось содержание агрономически наиболее ценной фракции структурных и водопрочных агрегатов (с 53,9 до 78,4% и с 24,0 до 61,7%) соответственно.

По сравнению со звеном: чистый пар-пшеница-пшеница продуктивность звеньев севооборотов с участием фитомелиоративных растений увеличилась в 1,4-2,4 раза. Содержание белка в зерне возрастало с 15,0 до 15,8%, клейковины – с 28,6 до 34,0%.

Анализ экономической эффективности показал, что экспериментальные звенья полевых севооборотов обеспечивали получение более высокого чистого дохода и уровень рентабельности. В звеньях севооборота с участием фитомелиорантов в сравнении с чистым паром чистый доход возрастал с 1,77 до 6,65 тыс.р./га, уровень рентабельности с – 53 до 133%.

Параметры элементов плодородия серой лесной почвы, приобретенные в результате фитомелиорации, обеспечили получение 60 ц/га зерна за 2 года.





Рисунок 5 – Корневая система горца растопыренного

## 10. ОХРАНА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Областью и формой взаимодействия биосферы и человеческого общества является природопользование. Различают экономический и социэкологический принцип природопользования.

Экономический принцип характерен для периодов общественного развития, когда антропогенные воздействия вызывали определённую реакцию природной среды, но не нарушали при этом динамического равновесия в целом.

Расширенное воспроизводство осуществлялось за счёт природной среды, её способностью к самоочищению от загрязнителей и производственная деятельность была ориентирована на получение максимальной экономической прибыли при минимальных затратах. Такой подход привёл к экологическому тупику.

В настоящее время общество вплотную подошло к необходимости целенаправленного управления социально-экономическим развитием сельского хозяйства, к переходу от борьбы с последствиями нерациональной хозяйственной деятельности к созданию системы природосообразного использования ресурсов. В связи с этим для решения проблемы сбалансированного взаимодействия человека и природы формируется новый принцип хозяйствования – социэкологический.

В его основе лежит критерий получения максимального экономического результата при минимальных затратах и при обязательном сохранении динамического равновесия биосферы и её компонентов. Главным условием такого принципа является восстановление и сохранение высокого качества природной среды. Система управления «общество – природа» в рамках социэкологической концепции предполагает переход от экстенсивного природопользования, существующего в настоящее время, к равновесному, основанному на соблюдении основных законов и принципов экологии существования биосферы.



Для построения равновесных отношений природы и человечества необходимо формирование нового типа социального и экологического мышления, базирующегося на биоцентрических принципах; широкомасштабное освещение социально-экологических проблем; построение механизма природопользования, звенья которого находятся в наиболее полном согласовании с индивидуальными и государственными интересами в деле охраны природы.

Основные принципы рационального природопользования – это изучение, охрана, освоение и преобразование природных ресурсов.

Охрана природы – комплексная система мероприятий, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство почвенного покрова, лесов, водных источников, недр, атмосферного воздуха, на сбережение видового разнообразия флоры и фауны, т.е. на сохранение природных условий развития человеческого общества.

В современном понимании наука об охране природы изучает закономерности антропогенной динамики природных ресурсов, обосновывает рациональное использование природных богатств и разрабатывает способы их сохранения и восстановления.

Охрана природной среды реализуется в принятой системе ведения сельского хозяйства, которая предполагает наиболее полное и рациональное использование климатических, земельных, водных, энергетических, трудовых и др. ресурсов для удовлетворения потребностей общества в сельскохозяйственных продуктах высокого качества при высокой экологичности производства.

### **10.1. Охрана почвы**

Важнейшей составной частью системы ведения сельского хозяйства является система земледелия. Система земледелия – это комплекс взаимосвязанных технологических, мелиоративных и организационно-экономических мероприятий, направленных на эффективное использование земли, восста-

новление и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Таблица 59 – Классификация систем земледелия Иркутской области

Название системы	Способ использования пахотных земель	Способ восстановления почвенного плодородия
Примитивная (лесопольная, переложно-залежная)	Освоение залесённых и переложно-залежных земель	За счёт естественных природных процессов
Экстенсивная (паровая, травопольная)	Парование части пахотных земель, возделывание многолетних трав	За счёт парования и многолетних бобовых трав
Интенсивная (плодосменная)	Все пахотные земли находятся в использовании	За счёт севооборотов и средств химизации
Альтернативная (биологическая, органическая, органо-биологическая, сидеральная, биодинамическая, нормативная, адаптивная, адаптивно-ландшафтная, экологическая, природная, аборигенная, почвоохранная, почвозащитная, агроландшафтная, точная, ресурсо-энергосберегающая, микробиологическая, No-till и др.)	Использование природно-ресурсного потенциала	Биологизация и экологизация сельскохозяйственного производства

Интенсивность, способы использования, степень восстановления и охраны почвенного покрова зависят от применяемых систем земледелия, они могут быть примитивными, в которых плодородие почв восстанавливается за счёт естественных природных процессов, протекающих в перелогах и залежах и др.;

Экстенсивными – плодородие почв поддерживается при паровании и посеве многолетних трав.

Интенсивными – плодородие почв восстанавливается за счёт севооборотов, сидерации, фитомелиорации и средств химизации.

Применение элементов той или иной системы или в целом системы связано с уровнем материально-технической базы и финансовыми возможностями конкретного хозяйства.

К сожалению, применение на протяжении длительного периода времени примитивных и экстенсивных систем земледелия привело к падению плодородия почв, выразившемуся в резком снижении гумусности пахотных почв и повышению площади кислых почв.

## **10.2. Проблемы загрязнения природной среды и пути её решения**

Источниками загрязнения природной среды региона являются выбросы промышленных предприятий, средства химизации сельского хозяйства, минеральные удобрения, пестициды, бытовые отходы и др.

Загрязнение атмосферы, почвы, водных источников вызывает тревогу потому, что оно может снизить продуктивность и качество возделываемых сельскохозяйственных культур, в первую очередь, используемых на пищевые и кормовые цели.

Ухудшение качества окружающей природной среды региона происходит вследствие неправильного применения средств химизации сельского хозяйства, загрязнения её тяжёлыми металлами, выбросами других канцерогенных веществ: оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, хлоридов, сульфидов и др.

Большинство городов Иркутской области (Ангарск, Братск, Зима, Иркутск, Усолье-Сибирское, Шелехов, Черемхово, Свирск и др.) внесены в список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха различными токсическими веществами, что составляет 16 % от общего количества городов страны.

По оценкам специалистов значительная часть пахотных земель, прилегающих к этим городам подвержена загрязнению.

Санитарно-эпидемиологическая обстановка в этих районах очень сложная. Уровень общей заболеваемости в целом составляет 180-220 обращений на 1000 человек населения.

Загрязнение окружающей природной среды приводит к постоянному разрушению наследственной, иммунной и обменной систем человеческого организма.

По данным Федерального информационного фонда Иркутская область относится к территориям риска по 7 из 10 мониторинговым заболеваниям :

1. Гастрит и дуоденит (превышение среднероссийского показателя на 63,7%);
2. Язва желудка (на 45%);
3. Сердечно-сосудистые заболевания (на 21,4%);
4. Астма (на 36,8%);
5. Ожирение (на 62,2%)
6. Другие (на 18,1%).

Анализ продолжительности жизни населения показал, что из 83 субъектов РФ Иркутская область занимает с 74 по 79 позиции. Причиной этому является также низкое качество продуктов и несбалансированность питания, недоедание и проблемы здравоохранения.

### **10.2.1. Экологически обоснованное применение минеральных удобрений**

Наукой и практикой доказано, что до 50% прироста урожая получают за счет применения удобрений. Благодаря их использованию значительно возросли средние урожаи зерновых, кормовых и овощных культур. При правильном использовании удобрений повышается содержание белка, углеводов, сухого вещества в растениях. Тем самым химизация позволяет решить проблему обеспечения населения продовольствием. Однако имеется и теневая сторона использования необоснованных доз минеральных удобрений.

Минеральные удобрения является важнейшими элементами питания растений, но избыточное и рациональное их применение приводит к ухудшению качества производимой продукции, насыщению почвы нитратами, нитритами, фосфатами, поступлению их в грунтовые воды. Загрязнение почв и

естественных ландшафтов нитратами и фосфатами происходит от диффузных источников, например, из-за высоких норм применения навоза и через атмосферные осадки. Главным источником попадания фосфора в водные объекты (реки, озёра, пруды, грунтовые воды) являются их утечки из канализационных вод и из навоза животных. Аммиак, выделяющийся в хранилищах навоза, переносится по воздуху на большие расстояния, а нитраты могут денитрифицироваться до азота и оксида азота ( $N_2O$ ), которые улетучиваются в атмосферу.

В отличие от азота, фосфор сильно связывается в почвах – в среднем лишь 3% общего фосфора, имеющегося в почве, извлекается растениями. Главные компоненты почвы, ответственные за связывание фосфатов – это органическое вещество почвы, глинистые минералы и гидроксилы Al и Fe. На почвах с низким содержанием органического вещества и лёгких по механическому составу (супеси) подвижность и содержание легкоусвояемого фосфора увеличивается.

**Азотные удобрения.** Применение высоких, несбалансированных доз азотных удобрений приводит к нитратному загрязнению растениеводческой продукции. Нитраты, поступая в организм человека и животного, восстанавливаются под действием микроорганизмов желудочно-кишечного тракта до нитритов, взаимодействие которых с гемоглобином крови ведет к образованию метгемоглобина, не способного переносить кислород из легких к тканям, что вызывает различные заболевания у человека и животных, вплоть до летального исхода. Установлено, что нитраты, наряду с аминами и амидами, являются первичными предшественниками нитрозаминов, признанных сильными канцерогенами. Массовое отравление скота, абортирование вызывал силос с содержанием нитратов свыше 0,25% на сырое вещество.

К тяжелому заболеванию человека приводит употребление в пищу нитратов больше 6 мг на 1 кг массы тела. Особенно подвергнуты заболеванию дети, беременные женщины. В практике нередко наблюдается массовое отравление детей при употреблении бахчевых культур. Смертельный исход на-

ступает при поступлении в организм: у свиней – 0,1-0,15, у крупного рогатого скота – 0,5-0,6, у овец – 1-1,5 г на 1 кг живой массы. Большинство исследователей считают критическим уровнем содержания нитратов 0,5-0,9% на сухое вещество корма.

Применение повышенных доз азотных удобрений под кормовые культуры чревато опасностью накопления в кормах нитратов в количествах, токсичных для животных. Предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания нитратов составляет: для сена – 500 мг/кг, зеленого корма – 200, силоса – 200, зернофуража – 300 мг/кг.

С учетом естественного содержания нитратов в овощах и их удельного значения в пищевом рационе ПДК должны составлять: для картофеля 30 мг/кг, томатов – 60, дынь, арбузов – 45, капусты, огурцов – 160, свеклы – 1800, моркови – 400, брюквы – 700, зеленого лука – 400 мг/кг.

Накопление нитратов зависит и от биологических особенностей культур. Так, внутри семейств злаковых к растениям, накапливающим нитраты, в порядке убывания относятся овес, кукуруза, рожь, пшеница и ячмень.

Больше всего нитратов попадает в пищу с овощами. По способности их накапливать овощные культуры по возрастанию условно можно разделить на 6 групп:

1. К группе с минимальным содержанием нитратов относятся растения семейства пасленовых: томаты, перец, физалис, баклажаны. В среднем они содержат от 30 до 150 мг/кг.

2. Растения семейства тыквенных: тыква, огурец, кабачки, патиссоны, содержащие свободных нитратов от 120 до 360 мг/кг.

3. Луковичные растения: лук репка на перо, лук батун, лук порей, лук репка, чеснок. Наличие нитратов от 140 до 350 мг/кг.

4. Корнеплоды: морковь, свекла, столовая, репа, редька, редис, брюква, хрен, петрушка, сельдерей, цикорий, пастернак. Содержание нитратов колеблется в пределах 350-1350 мг/кг. Меньше всего в моркови, больше всего в свёкле,

5. Зеленные пряные овощные культуры: укроп, тмин, мята, горчица красная, экстрагон, содержание нитратов от 220 до 2300 мг/кг.

6. Капустные и салатные растения, содержащие максимальное количество нитратов: капуста белокочанная, краснокочанная, савойская, салат кочанный, листовая петрушка и сельдерей. Исключение составляет цветная капуста. Растения этой группы могут накапливать нитратов к моменту уборки от 1500 до 4000 мг/кг.

Опасность получения продукции с повышенным содержанием нитратов возрастает при уборке растений, не достигших биологической зрелости, а также двулетних культур, не закончивших цикл развития к моменту уборки урожая.

Установлено влияние условий выращивания на содержание нитратов, прежде всего освещения, длины светового дня, сбалансированности минерального питания и др. При низкой освещенности идет накопление нитратов. Часто именно недостатком света объясняется повышенное содержание нитратов в продукции закрытого грунта, особенно в осенне-зимний период. Как правило, в овощах закрытого грунта нитратов больше, чем в открытом. Объясняется это и высоким уровнем минерального питания, повышенной температурой и влажностью.

Использование высоких доз азота приводит также к выщелачиванию нитратов в грунтовые воды, их смыву в реки и озера. Загрязнение природных вод создает благоприятные условия для водорослей (эвтрофикация), в результате чего в воде снижается содержание кислорода, что приводит к гибели рыбы. Повышенное содержание нитратов в питьевой воде (ПДК 10 мг/л) вызывает токсическое воздействие на человека и животных.

Несбалансированное применение минеральных удобрений снижает биологическую ценность продуктов питания и кормов в результате изменения минерального состава растений и накопления в них вредных веществ (глюкозидов, горчичного масла, синильной кислоты), что опасно для здоровья человека и животных.

Для снижения содержания нитратов в растительной продукции необходимо:

1. Устанавливать дозы азотных удобрений с учетом планируемого урожая и содержания азота в почве.

2. Минеральные удобрения вносить в сочетании с органическими с правильным соотношением азота, фосфора и калия, с учетом их выноса планируемым урожаем.

3. Дробно применять азотные удобрения и использовать локальный способ их внесения.

4. Правильно применять подкормки на лугах, пастбищах, сеяных травах.

5. Осуществлять оперативный почвенный контроль содержания минерального азота и корректировать дозы азотных удобрений с глубины почвы до 0-50 см.

6. Широко применять медленно действующие азотные удобрения. В основном это продукты конденсации мочевины с алифатическими альдегидами, главным образом с формальдегидом (уреаформ, КДМ, ИБДМ). Они обеспечивают равномерное питание в течение всей вегетации. Применять покрытую серой мочевины (ПСМ-5, ПСМ-18, ПСМ-20).

7. В закрытом грунте применять молибденовые удобрения, которые способствуют восстановлению нитратов до аммиака.

8. Научным учреждениям продолжить работу по разработке систем применения удобрений, обеспечивающих получение продукции с хорошими санитарно-гигиеническими качествами и исключающих нанесение вреда человеку и животным.

Необходимо усилить токсикологический контроль за качеством продукции, получаемой при интенсивном применении удобрений. Это особенно важно при закладке овощей на хранение и их реализации.

Важное значение в предупреждении отравления животных нитратами имеет правильная организация кормления. При сбалансированном кормлении



животных концентрация нитратов в сухом веществе корма в пределах от 0,1 до 0,6% не опасна для лактирующих коров с продуктивностью 4000- 5000 кг.

**Фосфорные удобрения.** Отрицательное воздействие на окружающую среду, животных и человека оказывает применение высоких, несбалансированных доз фосфорных удобрений. Если фосфорные удобрения получены из апатитового сырья, то их применение ведет к накоплению в почве и в растительной продукции фтора. Фтор обладает высокой химической активностью и представляет опасность для человека и животных. Наибольшее его количество содержится в фосфогипсе, аммофосе (3,5-4%), в простом суперфосфате (до 1,5%). В сутки человек должен потреблять не более 3,5 мг фтора. Избыток его приводит к заболеванию, связанному с включением его в состав костной ткани: происходит изменение скелета, появляются сильные боли, возникает хромота, крапчатость зубов. Животные теряют аппетит, худеют, у них резко снижается молочная и мясная продуктивность. ПДК фтора в почве составляет 3 мг/кг. Для уменьшения накопления фтора начинают выпускаться обесфторенные фосфорные удобрения – метафосфаты.

Для устранения отрицательного влияния фосфорных удобрений следует учитывать:

- применение доз фосфорных удобрений по выносу фосфора с планируемым урожаем и с учетом содержания его в почве;
- локальное внесение фосфорных удобрений;
- применение высококонцентрированных фосфорных удобрений;
- использование метафосфатов.

**Калийные удобрения.** Избыточное внесение калийных удобрений нарушает использование растениями магния, натрия, кальция, бора, что может отрицательно сказаться на качестве корма для животных. Кроме этого, происходит загрязнение окружающей среды хлором, при этом значительная часть его поступает в грунтовые воды и попадает в водоисточники.

В высококачественном корме (зелёная масса) соотношение между калием и натрием должно быть равно 5. Повышение содержания калия более

3% на сухое вещество корма нежелательно, так как наблюдается обеднение его натрием и магнием.

Типичными симптомами дефицита натрия в пастбищном корме, являются отсутствие аппетита у животных, прекращение поедаемости травы, снижение продуктивности, обеднение магнием – вызывает заболевание гипомагниевой тетанией.

Для рационального применения калийных удобрений следует:

- калийные удобрения вносить по выносу с урожаем и с учетом содержания его в почве;
- вносить удобрения в несколько приемов и локальным способом;
- применять сернокислые и калийные удобрения и кали-магнезию;
- использовать удобрения совместно с другими минеральными и органическими удобрениями.

Сбалансированное питание растений, взаимосвязь между макро- и микроэлементами в питании растений и обмене веществ растений приобретают особую остроту в условиях интенсивной химизации сельскохозяйственного производства. Требование сбалансированного питания растений и обеспечение высоких урожаев высококачественной сельскохозяйственной продукции вызывает необходимость применения минеральных удобрений с учетом обеспеченности почв доступными формами питательных веществ, с учётом биологических особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур.

Проблемы получения высококачественной продукции сельского хозяйства может быть решена при использовании технологий без применения средств химизации.

Эти технологии предполагают использование органических удобрений и биологических средств защиты растений от вредителей и болезней.

При разработке научно-обоснованной системы применения удобрений следует учитывать:

1. Почвенные условия конкретного региона, которые определяются уровнем почвенного плодородия, водно-физическими, минералогическими и биологическими свойствами почв;

2. Климатические условия региона и, особенно, теплообеспеченности и влагообеспеченности по этапам развития растений и их влияние на минеральное питание;

3. Биологические требования возделываемых в регионе сельскохозяйственных культур к условиям минерального питания;

4. Оптимальная зональная агротехника возделывания сельскохозяйственных культур и её влияние на оптимизацию минерального питания;

5. Характер взаимодействия и направленность воздействия на почвенное плодородие конкретных форм органических и минеральных удобрений с основными почвами региона;

6. Способы эффективного использования органических и минеральных удобрений на основе многолетних зональных исследований;

7. Основные приёмы оптимизации минерального питания по фазам развития растений;

8. Методы контроля за изменением почвенного плодородия;

9. Основные диагностические методы определения уровня почвенного плодородия и обеспеченности растений необходимыми элементами минерального питания по фазам развития.

Принятая система удобрений в хозяйстве должна обеспечивать:

- оптимальные условия минерального питания в зависимости от почвенно-климатических условий и условий агротехники с максимальной реализацией потенциала продуктивности сорта;

- восстановление или расширенное воспроизводство почвенного плодородия;

- качество растениеводческой продукции;

- отсутствие отрицательного воздействия на окружающую среду;

- иметь объективную комплексную оценку положительного воздействия разработанной системы.

### **10.2.2. Особенности применения пестицидов в интегрированной системе защиты растений от вредителей, болезней и сорняков**

Пестициды (в основном фунгициды, гербициды и инсектициды) применяются для защиты посевов от вредителей, болезней и сорняков и получения высоких урожаев качественной продукции. Применение пестицидов экономически весьма эффективно.

Однако, пестициды не только загрязняют почву, отрицательно воздействуя на почвенные организмы, но вслед за этим сама почва способствует загрязнению ими водных источников.

Применение пестицидов может вызвать:

1. Уничтожение части почвенной микрофлоры и микро- и мезофауны, а это, в свою очередь, может привести к физическим и химическим неблагоприятным последствиям;
2. Изменения в доступности органического вещества почвы, особенно под действием гербицидов;
3. Из-за сохранения остатков пестицидов в почве происходит значительное снижение урожаев сельскохозяйственных культур, которые возделываются в севообороте вслед за обработанной культурой. Известно, что примерно 10% всех гербицидов обладают устойчивостью, и, свыше 5% применённого пестицида остаётся в пахотном слое более года и, поэтому он может отрицательно воздействовать на всхожесть семян, рост и развитие последующих культур;
4. Вымывание пестицидов в грунтовые воды, что потенциально угрожает источникам питьевой воды (допустимая концентрация 0,5 мкг/л пестицидов и метаболитов в питьевой воде).

Органические загрязнители попадают в почву с атмосферными осадками или при прямом распределении на полях сточных илов (удобрение илами), а также через загрязнение сточными водами при ирригации и захоронении в почве отходов.

Список органических загрязнителей включает многие другие вещества, такие как, нефть, масла, смолы, хлорированные углеводороды, ПХБ (полихлорированные бифенилы), ароматические углеводороды, диоксины.

При разработке систем применения пестицидов следует учитывать:

1. интегрированную систему защиты возделываемых сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорных растений, в которой предусматривается максимальное снижение пестицидной нагрузки на экосистемы или полный запрет на их применение;
2. изучение свойств, агрономической, экологической эффективности и экономической целесообразности применения пестицидов;
3. изучение порога вредоносности вредителей, болезней, сорных растений;
4. совершенствование технологии применения пестицидов (сроки, способы, нормы внесения);
5. запрет на применение устойчивых и очень подвижных пестицидов;
6. запрещение пестицидов широкого спектра действия;
7. соблюдение технологической дисциплины.

### **10.2.3 Загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами и мероприятия по их детоксикации**

Аналитические исследования, проведённые за последнее время, свидетельствуют о том, что площадь загрязнённых почв в Иркутской области составляет 260 тыс. га.

Подвержено загрязнению свинцом: 1 ПДК – 123500 га, до 3 ПДК – 5557 га;

кадмием: 1 ПДК – 126444 га, до 3 ПДК – 9568 га, до 5 ПДК – 803 га;

фтором: практически весь Шелеховский и Братский районы, где на отдельных площадях загрязнение достигает до 10 ПДК;

цинком: 1 ПДК – 126444 га, до 3 ПДК – 505 га, до 5 ПДК – 261 га;

медью: 1 ПДК – 126444 га;

никелем: 1 ПДК – 126444 га, до 3 ПДК – 3583 га;

кобальтом: 1 ПДК – 126444 га.

В результате загрязнения почвы тяжёлыми металлами происходит снижение урожая (до 50%), резко снижается качество продукции, потребление загрязнённой продукции несёт угрозу жизни населению региона.

Для уменьшения подвижности тяжёлых металлов требуется рекультивация загрязнённых земель: внесение в почву органических, сидеральных и минеральных удобрений, проведение известкования, чизелевание, ремедиация почв или их консервация.

По степени токсического действия на окружающую среду, тяжёлые металлы подразделены на три класса:

1. As, Cd, Hg, Pb, Se, F;
2. B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr;
3. Ba, V, W, Mn, Sr.

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями являются Hg, Pb, As, Cd, Zn, Cu, Cr Ni. Они поступают в организм человека и сельскохозяйственных животных в основном с растительной пищей, воздухом и водой.

Опасным являются высокие концентрации тяжелых металлов в почве и их избыточное поступление в организм человека и животных, откуда эти элементы выводятся очень медленно, накапливаясь, главным образом, в почках и печени. Кроме того, постоянное потребление растительной продукции даже со слабо загрязненных почв может приводить к кумулятивному эффекту, то есть постоянному увеличению содержания тяжелых металлов в живом организме.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами имеет отноше-

ние к эколого-аналитическому мониторингу супертоксикантов, поскольку многие из них проявляют высокую токсичность в следовых количествах и способны концентрироваться в живых организмах. Роль тяжелых металлов двойственна: с одной стороны, большинство из них необходимо для нормального протекания физиологических процессов, а с другой, при повышенных концентрациях они токсичны.

Основные источники загрязнения природной среды тяжелыми металлами можно разделить на естественные (природные) и искусственные (антропогенные). К естественным относятся извержение вулканов, пыльные бури, лесные и степные пожары, растительность и другое. Естественные источники загрязнения носят либо систематический равномерный, либо кратковременный стихийный характер и, как правило, мало влияет на общий уровень загрязнения. Главным и наиболее опасным источниками загрязнения природы тяжелыми металлами являются антропогенные.

**Ртуть.** Повышенное содержание ртути характерно для пойменных почв незасоленного ряда (болотных, луговых, лугово-болотных), что обусловлено как достаточно высоким содержанием органического вещества, так и принадлежностью почвы к супераквальным ландшафтам.

В нейтральной и слабощелочной среде миграция ртути ограничена, поэтому ее распределение по почвенному профилю характеризуется низкой контрастностью. В кислой среде при промывном типе водного режима соединения ртути обладают высокой подвижностью и могут активно мигрировать в почвенном профиле, аккумулируясь на геохимических барьерах.

В настоящее время доказано токсическое действие на различные метаболические процессы, в том числе фотосинтез, образование хлорофилла, газовый обмен, дыхание. Симптомы отравления ртутью у растений проявляются в задержке роста всходов и развития корней, торможение фотосинтеза и как следствие - снижение биомассы. Хроническое отравление отравление ртутью человека состоит в постоянном нарушении нервной системы, вызывает усталость, а при более высоких уровнях отравления вызывает и харак-

терный ртутный тремор, когда мелкая дрожь каждые несколько минут прерывается заметным трясением.

Содержание ртути в почвах сельхозназначения незначительное. Максимальное содержание – 0,027 мг/кг, минимальное – 0,09мг/кг. ПДК – 2,1мг/кг.

**Свинец.** В кислых подзолистых и дерново-подзолистых почвах происходит вынос свинца вниз по профилю и аккумуляция в иллювиальном горизонте. Максимальное содержание подвижных соединений свинца в серых лесных почвах отмечается в верхнем 20-сантиметровом слое, что составляет 39% его валовых запасов.

В ряде работ описано токсичное действие свинца на фотосинтез, дыхание, митоз и водный обмен, но при этом строго специфичных симптомов свинцового токсикоза у растений не отмечено.

Свинец вызывает хроническое отравление с весьма разнообразными клиническими проявлениями: поражает центральную и периферическую нервную систему, костный мозг и кровь, почки, сосуды, генетический аппарат клетки, нарушение синтеза белка, оказывает эмбриотоксическое действие.

Максимальное содержание свинца в почве 13 мг/кг, минимальное – 0,19мг/кг. Предел колебаний: верхний – 3,97-13,00 мг/кг, нижний 0,19-0,53мг/кг почвы. ПДК – 3,0мг/кг.

**Кадмий.** Основным фактором, определяющим содержание кадмия в почвах, является химический состав материнских пород. Обогащение данным элементом верхних слоев часто свидетельствует об антропогенном загрязнении.

Многочисленными исследованиями последних лет было установлено, что ведущим процессом в связывании Cd почвами является конкурирующая адсорбция на глинах. Именно адсорбция, а не осаждение контролирует концентрацию кадмия в почвенных растворах до тех пор, пока не будет превышена некоторая предельная величина рН. При >7,5 кадмий в почве перестает



быть легкоподвижным, его подвижность начинает контролироваться растворимостью  $\text{CdCO}_3$  и, возможно,  $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$ . По данным ряда исследователей, энергия связи при адсорбции Cd больше у органического вещества, чем у присутствующих в почве глин.

Кадмий наиболее подвижен в кислых почвах в интервале pH 4,5-5,5, тогда как в щелочных он относительно неподвижен.

Видимые симптомы, вызванные повышенным содержанием кадмия в растениях, – это задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев. Фитотоксичность Cd проявляется в тормозящем действии на фотосинтез, нарушении транспирации и фиксации  $\text{CO}_2$ , изменение проницаемости клеточных мембран. Известно также, что кадмий повышает предрасположенность растений к грибковым заболеваниям.

Хроническое отравление кадмием разрушает печень и почки, приводит к сильнейшему нарушению функции почек. Максимальное содержание – 2,25 мг/кг, минимальное – 0,02 мг/кг. Предел колебаний максимальных величин 0,33-2,25 мг/кг, нижний – 0,02-0,07 мг/кг.

**Мышьяк.** Этот элемент содержится в земной коре в количестве 0,0005%, встречается в природе большей частью в соединениях с металлами или серой и лишь изредка в свободном состоянии.

Наиболее низкие уровни содержания мышьяка характерны для песчаных почв. Его максимальные концентрации, связаны, как правило, с аллювиальными почвами, богатыми органическим веществом.

Мышьяк попадает в атмосферу преимущественно в результате промышленных загрязнений в составе частиц золы, а также при переработки сульфидных руд.

Содержание, сообщаемые как фоновые, можно также рассматривать, как данные о загрязнение почв, что связано с глобальным загрязнением окружающей среды этим элементом и с вероятным повышением уровней его содержания в верхних горизонтах почвы.

Мышьяк накапливается в печени, почках, селезёнке, лёгких, стенках

пищеварительного тракта, костях, волосах. Токсическая доза – 5-50 мг/кг.

Арсенаты (As) легко фиксируются в почвах глинистыми частицами, фосфатными гелями, гумусом и кальцием. Мышьяк, адсорбируемый почвой с трудом поддается десорбции, а прочность связывания его почвой с годами увеличивается. Мышьяк, связанный с оксидами железа и алюминия, может высвобождаться при гидролизе в результате снижения окислительно-восстановительного потенциала почвы. Этот элемент тесно связан с месторождением многих металлов и поэтому известен как индикатор при поисковых геохимических работах.

В почвах сельскохозяйственного назначения (данные ФГУ ЦАС «Иркутский» и ФГУ САС «Тулунская») максимальные пределы колебаний – 2,5-18,7 мг/кг почвы, минимальные – 0,05-1,73 мг/кг, ПДК по данному элементу – 10 мг/кг, фоновое содержание по области – 2,36 мг/кг.

**Медь.** К факторам, увеличивающими содержание меди в почве относятся: высокое содержание минералов тяжелой фракции и глинистых минералов, тяжелый механический состав, богатство коллоидами, наличие органического вещества.

Распределение меди по почвенному профилю определяется типом почвы. В подзолистых и серых лесных почвах отмечен вынос Cu из горизонта A<sub>2</sub> и накопление ее в иллювиальной толще.

Медь – один из наиболее подвижных тяжелых металлов. В кислой среде он более подвижен, суммарная растворимость катионных и анионных форм Cu понижается при pH около 7. растворимость меди в виде комплекса CuCO<sub>3</sub> не зависит от pH, и это соединение, вероятно, является главной неорганической растворенной формой Cu в нейтральных и щелочных почвенных растворах.

Многочисленными исследованиями растительных организмов доказано положительное влияние меди на интенсивность фотосинтеза, дыхания, перераспределения углеводов, восстановление и фиксацию азота, проницаемость сосудов ксилемы для воды. Cu контролирует образование ДНК и РНК, ока-

зывает влияние на механизмы, определяющие устойчивость к заболеваниям.

Максимальное содержание подвижных форм меди в почвах сельскохозяйственного назначения Иркутской области – 2,6 мг/кг, минимальное 0,04 мг/кг, ПДК – 3,0 мг/кг почвы. Верхний предел колебаний – 0,21-2,60 мг/кг, нижний – 0,06-0,13 мг/кг почвы.

**Марганец.** Принадлежит к распространенным элементам составляя 0,1 весовых % земной коры. Наиболее часто встречается минерал пиралюзит, представляющий собой двуокись марганца ( $MnO_2$ ).

Большое значение имеют также минералы гаусмонит ( $Mn_2O_4$ ) и браунит ( $Mn_2O_3$ ). Наиболее высокие концентрации этого элемента характерны для основных пород и сформировавшихся на них почвах, богатых органическим веществом и соединениями железа. Обычно этот элемент аккумулируется в верхнем слое почвы вследствие его фиксации органическим веществом, хотя может накапливаться в различных почвенных горизонтах, особенно в обогащенных оксидами и гидроокислами железа и ряда других микроэлементов. Как правило, содержание его не зависит от типа почв. Растворимый в почвенных растворах Mn образует комплексы с органическим веществом в основном с фульвокислотами. Ион  $Mn^{2+}$  вступает в почвенных условиях в конкуренцию с другими катионами, что ведет к выщелачиванию Ca, Mg и других элементов. Содержание марганца в почвенном растворе изменяется от 25 до 2200 мг/кг. В среднем же содержание этого элемента в почвах сельскохозяйственного назначения Иркутской области колеблется от 10 до 200 мг/кг почвы.

**Цинк.** Распределение цинка по профилю почв, как правило, достаточно равномерное. Различные колебания связаны с содержанием в почвенных горизонтах органического вещества, глинистой фракции, карбонатов и т.д.

Существует два различных механизма адсорбции цинка: один – в кислой среде связанный с катионным обменом, а другой – в щелочной – рассматривается, как хемосорбция и в значительной степени обусловлен количеством органических веществ.

Цинк наиболее подвижен и биологически доступен в кислых почвах. Растворимость и доступность цинка имеют отрицательную корреляцию со степенью насыщенности кальцием и содержанием фосфора.

Основные функции цинка в растениях связаны с метаболизмом углеводов, протеинов и фосфора. Цинк повышает интенсивность фотосинтеза, способствует поддержанию концентрации ростовых веществ – ауксинов в активной форме.

Дефицит цинка у человека выражается в нарушении кожных покровов, отставание в росте, нарушении полового развития и половых функций у молодых людей.

Избыток цинка способен замедлять развитие костного скелета, если в почве низкое содержание кальция и фосфора. Максимальное содержание – 33,5 мг/кг, минимальное – 0,07 мг/кг. ПДК – 23 мг/кг почвы. Предел колебаний верхний – 3,98-33,50 мг/кг, нижний – 0,07- 0,49 мг/кг почвы.

**Кобальт.** Направление и интенсивность процессов миграции кобальта в почвах обусловлен его тесной геохимической связью с железом и марганцем. В окислительной кислой среде кобальт относительно подвижен, но из-за активной сорбции оксидами железа и марганца, а также глинистыми минералами элемент мало мигрирует в растворенной фазе. Однако в ряде почв, богатых минералами марганца, ведущую роль в распределении кобальта играет оксиды марганца. При этом сорбция кобальта оксидами марганца резко увеличивается с ростом pH.

Значительную роль в поведении кобальта в почвах играет органическое вещество и содержание глинистых частиц, так как они в значительной мере определяют подвижность кобальта. Глины обладают высокой сорбционной способностью по отношению к кобальту, особенно монтмориллонитовые и иллитовые; органическое вещество образует с кобальтом соединения разной степени растворимости, а следовательно, и подвижности.

Недостаток его приводит к анемии и остановке роста.

В настоящее время доказано необходимость кобальта для микроорга-

низмов фиксации ими молекулярного азота. Имеются сведения о влиянии кобальта на способность бобовых растений и ольхи фиксировать молекулярный азот из воздуха.

Избыток кобальта проявляется в кардиотоксичность, он уменьшает способность щитовидной железы аккумулировать йод.

Максимальное содержание – 12,80 мг/кг, минимальное – 0,02 мг/кг  
верхний предел колебаний – 12,80-0,88 мг/кг почвы; нижний – 0,33-0,02 мг/кг, ПДК – 2,5 мг/кг.

**Никель.** Распределение никеля в почвенном профиле определяется множеством факторов, важнейшими из которых являются содержание органического вещества, глинистых минералов, оксидов железа и марганца, а также кислотность.

Хроническая интоксикация никелем приводит к разрушению сердечной и других тканей. Причины никелевой токсичности связаны, вероятно, с блокировкой ферментов и взаимодействием данного элемента с нуклеиновыми кислотами.

В почвах сельскохозяйственного назначения Иркутской области пределы колебания: максимальное 2,24-16,6 мг/кг; минимальное – 0,07-0,78 мг/кг, ПДК – 2,0 мг/кг.

**Эколого-токсикологическая оценка почв загрязненных тяжелыми металлами.** В настоящее время разработана градация эколого-токсикологической оценки почв по содержанию валовых и подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка в зависимости от кислотности и гранулометрического состава (ГН 2.1.7.020-94) (табл.5.4, 5.5). Данные градации включают 5 групп. Первая группа (допустимый уровень загрязнения) соответствует концентрациям элементов в почвах ниже 0,5 ПДК (ОДК), а численное значение верхней границы второй группы (низкий уровень загрязнения) соответствует ПДК (ОДК) данных элементов. При загрязнении на уровне 2-й группы страдает вся почвенная биологическая активность, несколько подавлены биохимические процессы (ферментативная активность, нитрификации-

онная деятельность и т.п.). Почвы, отнесенные к третьей группе (средний уровень загрязнения), свидетельствует о неудовлетворительной экологической ситуации на данной территории. На уровне 3-й группы ухудшаются агрохимические свойства почвы, нарушается нормальная жизнедеятельность и химический состав растительности. Четвертая группа (высокий уровень загрязнения) характеризует почвы, относимые к зоне чрезвычайной экологической ситуации. Загрязнение почв на уровне 4-й группы влечет не только снижение урожайности ряда культур (зернобобовых, кормовых), но и ухудшение качества сельхозпродукции. Пятая группа (очень высокий уровень загрязнения) характеризует почвы, относимые к зоне экологического бедствия. Уровень 5-й группы влечет гибель растительности, продукция растениеводства и животноводства становится непригодной для употребления в пищу, изменяется химический состав верхнего слоя почвы.

Почвы, отнесенные к первым трем группам эколого-токсикологической оценки, пригодны для возделывания сельскохозяйственных культур; на почвах третьей группы необходим контроль за содержанием металлов во всей получаемой продукции. На почвах, отнесенных к четвертой и пятой группам, возможно возделывание только технических культур по специальным технологиям.

Таблица 60 – Группировка почв для эколого-токсикологической оценки по содержанию подвижных форм тяжелых металлов, мг/кг (ацетатно-аммонийный буферный раствор, рН-4,8)

№ п.п.	Наименование тяжёлых	Класс токсичности	Группы				
			1	2 *	3	4	5
1	Свинец	I	менее 3	3,0-6,0	6,1-12,0	12,1-18,0	более 18,0
2	Кадмий	I	менее 0,2	0,2-0,5	0,6-1,0	1,1-1,6	более 1,6
3	Цинк	I	менее 10	10-23	23,1-46,0	46,1-69,0	более 69,0
4	Медь	II	менее 1,5	1,5-3,0	3,1-15,0	15,1-30,0	более 30,0
5	Никель	II	менее 2,0	2,0-4,0	4,1-20,0	20,1-40,0	более 40,0
6	Хром	II	менее 3,0	3,0-6,0	6,1-30,0	30,1-60,0	более 60,0
7	Кобальт	II	менее 2,5	2,5-5,0	5,1-25,0	25,1-50,0	более 50,0
Цвет контура			зеленый	синий	желтый	розовый	красный

\* - числовое значение верхней границы 2-ой группы соответствует

ПДК данного элемента в почве.

Таблица 61 – Группировка суглинистых и глинистых почв с рН более 5,5 эколого-токсикологической оценки по содержанию валовых форм ТМ и мышьяка, мг/кг

№ п.п.	Наименование тяжелых металлов	Класс токсичности	Группы				
			1	2 *	3	4	5
1	Мышьяк	I	<5	5-10	11-20	21-30	>30
2	Свинец	I	<65	65-130	131-260	261-390	>390
3	Цинк	I	<1 10	110-220	221-400	401-660	>660
4	Кадмий	I	<1,1	1,0-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6
5	Медь	II	<66	66-132	133-660	661-1320	>1320
6	Никель	II	<40	40-80	81-400	401-800	>800

**Мероприятия по детоксикации почв загрязненных тяжелыми металлами.** Основным приемом снижения подвижности большинства тяжелых металлов в кислых почвах является известкование. По мере нейтрализации избыточной кислотности подвижность тяжелых металлов снижается, так как карбонаты этих элементов, за исключением молибдена и хрома труднорастворимы. На загрязненных почвах рекомендуется вносить дозы известковых удобрений, обеспечивающие доведение рН почвы до уровня 6,5-6,7. Обычные дозы известкового материала при химической мелиорации, загрязненных тяжелыми металлами, мало эффективны.

Таблица 62 – Дозы CaCO<sub>3</sub> на светло-серых и серых лесных почв, т/га

Механический состав	рН									
	4,5-4,6	4,7-4,8	4,9-5,0	5,1-5,2	5,3-5,4	5,5-5,6	5,7-5,8	5,9-6,0	6,1-6,2	6,3-6,4
легкосуглинистые	16	15	14	13	11	9	7	5,5	5	4
среднесуглинистые	18	17	16	14	12	10	8	6,0	5,5	4,5
тяжелосуглинистые	20	19	17	15	13	11	9	7,0	6,0	5
глинистые	22	20	18	16	14	12	10	8	6,5	5,5

На торфяно-болотных почвах дозы  $\text{CaCO}_3$  рассчитываются с целью доведения реакции среды до pH 5,5 по данным представленными в таблице 5.7.

На выщелоченных и оподзоленных черноземах дозы извести, как правило, рассчитывают, используя метод гидролитической кислотности. Целесообразно применять дозы соответствующие 2,5Нг. При химической мелиорации (известковании) применяются любые известковые материалы с учетом активно действующего вещества в них. Наиболее приемлемой во всех случаях является стандартная пылевидная мука по ГОСТУ Р50 261- 92 [2,3.4].

Известковые удобрения необходимо равномерно распределять в пахотном слое. Поэтому дозу  $>10\text{г/га}$  следует заделывать в почву в 2 приема. Целесообразно применять дисковые культиваторы для смешивания извести с верхним горизонтом почвы, а затем уже заделывать на всю его глубину. Эффективно послойное внесение мелиоранта: половину дозы – под плуг и половину – под культиватор на глубину 8-10см. Вспашка проводится плугом без предплужника.

Таблица 63 – Дозы  $\text{CaCO}_3$  на торфяно-болотных почвах, т/га

pH (HCl)	$\text{CaCO}_3$
3,8-4,1	20,0
4,2-4,4	18,0
4,5-4,6	16,0
4,7-4,8	14,0
4,9-5,0	12,0
5,1-5,2	10,0
5,3-5,5	8,0

Применение органических удобрений: торфонавозных компостов, навоза, сидератов, соломы, увеличивающих запасы гумуса в почве, ее буферную способность и поглощающую емкость, является эффективным средством снижения подвижности тяжелых металлов и мышьяка. Лучшей формой органических удобрений на загрязненных тяжелыми металлами и мышьяком почвах являются торфокомпосты. Органические удобрения применяются в



максимально возможных дозах с учетом потребности сельскохозяйственных культур в азоте и содержания его в корнеобитаемом слое почвы, чтобы не было избыточного накопления нитратов в растительной продукции.

Фосфаты большинства тяжелых металлов и особенно цинка и кадмия малорастворимы.

Применяя фосфорные удобрения, можно существенно снизить подвижность тяжелых металлов, в том числе мышьяка. Эффективность применения фосфорных удобрений зависит от содержания тяжелых металлов и мышьяка в почве и уровня реакции среды. Дозы удобрений уточняются с учетом обеспеченности почвы питательными элементами, планируемых урожаев и выноса.

Для увеличения миграции тяжелых металлов и разбавления загрязненного слоя почвы следует применять безотвальное рыхление. На суглинистых и глинистых почвах при наличии плужной подошвы целесообразно проводить чизелевание на глубину 40-50 см.

Наименьшее накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях имеет место при комплексном применении известкования в сочетании с органическими и фосфорными удобрениями.

В случае распределения тяжелых металлов по всей глубине плодородного слоя почвы применяют дорогостоящий прием, заключающийся в переводе тяжелых металлов в подвижную форму, путем промывки в глубокие горизонты, где они становятся недоступными для корневой системы растений.

Различные сельскохозяйственные культуры, а также гибриды и отдельные сорта обладают способностью избирательно относиться к поглощению различных металлов. Это свойство растений необходимо использовать для выращивания на участках с повышенным содержанием тяжелых металлов. Подбор сельскохозяйственных культур, устойчивых к загрязнению, является наиболее простым способом ведения земледелия на загрязненных почвах тяжелыми металлами.

## **Мероприятия по использованию почв в зависимости от их загрязнения.**

Допустимый уровень загрязнения (1 группа). Система земледелия остается неизменной, применение недостающих микроэлементов обязательно (медь, цинк, марганец, кобальт и др.)

Слабый уровень загрязнения (2 группа). При слабом уровне загрязнения, когда содержание одного элемента тяжелых металлов достигает уровня ПДК, необходимо применять комплексные мероприятия по устранению последствий загрязнений. На таких почвах нельзя выращивать салат, шпинат, укроп, лук, петрушку. Не рекомендуется выращивать на таких почвах кормовые культуры, за исключением корне- клубней -плодов (кроме свеклы), при условии проведения необходимых агрохимических мероприятий. Применение микроудобрений не требуется.

Средний уровень загрязнения (3 группа). Устранение влияния источника загрязнения и периодический контроль почв и продукции. Подбор сельскохозяйственных культур не накапливающих тяжелых металлов. Комплекс технологических приемов по уменьшению поступления тяжелых металлов (известкование, применение органических и минеральных удобрений). Исключить выращивание овощей.

При среднем и высоком уровнях загрязнения рекомендуется выращивать культуры, малочувствительные к загрязнению и не накапливающие тяжелые металлы (технические, семенники и другие), при интенсивном применении агрохимических и агротехнических мероприятий снижающих поступление металлов в продукцию.

Высокий и очень высокий уровень загрязнения (4 и 5 группы). Подбор специальных культур (зерновые, семенники трав, саженцы плодовых культур), цветоводство с обязательным комплексом мероприятий по снижению поступления тяжелых металлов в продукцию или исключения выращивания культур для продовольственных целей. Необходимы дополнительные меры по рекультивации этих почв – фиторемедиация и землевание.

При очень высоком уровне загрязнения почвы необходим специальный комплекс работ, так как обычные меры будут малоэффективными.

Для характеристики техногенного загрязнения тяжелыми металлами используется коэффициент концентрации, равный отношению концентрации элемента в загрязненной почве к его фоновой концентрации.

При загрязнение почвы несколькими элементами, степень загрязнения оценивается по величине суммарного показателя концентрации ( $Z_c$ ). Градация загрязнения почвы тяжелыми металлами по величине суммарной концентрации ( $Z_c$ ) представлена в таблице 64.

Таблица 64 –Значение величины суммарного показателя концентрации ( $Z_c$ ) по категориям загрязнения

Показатель $Z_c$	Категории загрязнения
менее 16	1 категория
16-32	2 категория
13-128	3 категория
>128	4 категория

Коэффициент концентрации – отношение, концентрации в загрязненной почве к фоновой концентрации.

Суммарный коэффициент  $Z_c = \sum K_c \cdot (n-1)$ , где  $n$  – количество элементов.

Первая категория свидетельствует о наиболее слабом загрязнение, которая считается допустимой. Четвертая категория характеризует почву как очень сильно загрязненную. Суммарный показатель концентрации тяжелых металлов может использоваться как при ландшафтно-геохимическом нормировании, так и при оценке загрязняющего действия минеральных, органических и известковых удобрений по результатам длительного их применения в больших дозах.

Разработка комплекса природоохранных мероприятий при применении средств химизации земледелия региона – одна из важнейших проблем рационального природопользования.

### **10.3. Комплексные мероприятия по предупреждению загрязнения водных источников**

Малые реки, пресноводные водоемы загрязняются бытовыми и животноводческими стоками, сточными водами предприятий местной промышленности, минеральными удобрениями, пестицидами и др.

Источниками загрязнения окружающей среды и водоемов являются как крупные животноводческие комплексы, так и мелкие фермы. К сожалению, в Иркутской области фермы расположены по берегам рек и озер, в результате чего большое количество их отходов смывается в водоемы. Вследствие этого вблизи ферм и комплексов в почве количество нитратов увеличивается в 10-20 раз. Водоемы, расположенные на расстоянии 0,5 км от фермы, адсорбируют до 40 кг аммиака на 1 га, на расстоянии 1 км – до 2 кг.

В подземных водах отмечаются наличие не только нитратов и солей других токсичных элементов, но и высокая бактериальная обсемененность, в том числе и патогенными микроорганизмами. Коли-индекс, свидетельствующий о степени загрязнения воды кишечной палочкой, в летний и весенний периоды нередко превышает допустимые нормативы в 4-5 раз. Особенно высока загрязненность кишечной палочкой в источниках водоснабжения, находящихся поблизости от животноводческих ферм. Опасность загрязнения усугубляется тем, что в Иркутской области животноводческие фермы снабжаются водой в основном из скважин с неглубоким залеганием грунтовых вод, а также из мелководных рек.

Неправильное хранение и использование навоза, особенно жидких стоков, ведет к загрязнению поверхностных и грунтовых вод рек, озер, Братско-

го водохранилища. В результате этого экологическая ситуация водоемов области вызывает тревогу.

Жидкий навоз по степени загрязненности органическими веществами, бактериальной обсемененности, особенно кишечной палочкой, в том числе и патогенной, значительно превосходит хозяйственно-бытовые сточные воды.

В жидком навозе, в отличие от обычного, процесс самосогревания не происходит, что связано с высокой влажностью. Сроки выживания патогенной микрофлоры и яиц гельминтов значительно увеличиваются. Так, яйца аскарид сохраняются до 12-15 месяцев, а при попадании в почву на глубину пахотного слоя – до 2 лет, в то время как в навозе, уложенном в бурты, погибают в течение 4 месяцев.

В жидком коровьем навозе, выдержанном в закрытых бетонированных емкостях, яйца стронгилят и мониезий погибают через 2 месяца, яйца фасциол – через 3-5 месяца зимой и через 1-3 месяца летом. Возбудители сальмонеллеза крупного рогатого скота в жидком навозе выживают летом в течение 85, зимой и весной – 158 суток, бруцеллы – соответственно 108 и 174, микробактерии туберкулеза - до 457 суток. Вирус ящура в жидком навозе сохраняет способность вызывать заболевания животных летом в течение 42 суток, в замерзшем навозе – до 192.

Микроорганизмы, характерные для животноводческих помещений, обнаруживают в атмосферном воздухе в 3 км от комплекса, а специфический запах ощущается на расстоянии 4-5 км. Особенно неприятен он в радиусе 500 м от зданий.

По данным ряда исследователей, доза внесения жидкого навоза не должна превышать 50-100 т/га. При систематическом (более 10 лет) его внесении в количестве 60 т/га на одни и те же участки происходит увеличение содержания азота и его основных форм в почве (общего азота – до 60 мг/л, нитратного – до 52, аммиачного – до 7). Выращивание кормовых культур на таких участках приводит к избыточному содержанию нитратов в получаемой продукции. В связи с этим крупные животноводческие комплексы должны

иметь не менее 5 тыс. га земельных пахотных угодий, по откорму 10 тыс. голов крупного рогатого скота – 2 тыс. га.

Источником загрязнения водоемов могут быть и перерабатывающие предприятия. Например, Иркутский мясокомбинат сливает стоки в р. Ангару, а масложиркомбинат – в р. Каю, затем в Иркут и Ангару.

Таким образом, животноводческие комплексы и фермы, а также предприятия перерабатывающей промышленности часто являются источниками загрязнения окружающей среды и водоемов.

Чтобы предотвратить загрязнение водных источников животноводческими стоками и улучшить их санитарно-гигиеническое состояние в сельской местности, необходимо:

1. Для предотвращения, вредного воздействия сельскохозяйственной деятельности на водоемы приняты защитные меры, заключающиеся в установлении водоохранных и прибрежных зон (таблица 65).

Таблица 65 – Ширина прибрежных полос, м

Угодья	При крутизне прилегающих склонов		
	обратный и нулевой склон	до 3°	более 3°
Пашня	15-30	25-55	55-100
Пастбища, сенокосы	15-25	25-35	35-50
Лес, кустарник	35	35-55	55-100

2. В пределах прибрежной полосы запрещается распашка земель, выпас и организация лагерей скота, применение ядохимикатов и удобрений, строительство любых объектов, лесосводка, прокладка дорог;

3. Для защиты населенных пунктов, водоисточников и окружающей среды от выбросов животноводческих комплексов и ферм необходимо иметь санитарно защитную зону. Для свиноводческих комплексов она должна быть не менее 3-5 км, для комплексов крупного рогатого скота – 1,5-2 км;

4. По границам территории комплекса, ферм, вокруг зданий, мест забора воды, утилизации навоза, ветеринарных объектов, кормоцехов необходимо размещать зелёные насаждения из тополя, акации, дикой яблони и других растений. При озеленении необходимо учитывать план застройки и направление господствующих ветров. С северной стороны желательно сажать несколько рядов деревьев и кустарников. Площадь участков, предназначенных для озеленения, должна составлять, не менее 10-15% площади животноводческого объекта. Целесообразно размещать комплексы у естественных лесных массивов;

5. Одним из способов обезвреживания навозных стоков является переработка их в биогаз. Из метантека объемом  $50 \text{ м}^3$  можно получить до  $700 \text{ м}^3$  метана, достаточного для обеспечения нужд предприятия в топливе на 70%;  $1 \text{ м}^3$  биогаза при сжигании дает столько тепла, сколько получают его из 0,6-08 кг условного топлива. Ферма на 300 коров может дать в сутки 200-240  $\text{м}^3$  метана. При переработке навозных стоков в биогаз достигается не только экологическая безопасность, но и значительно повышается эффективность использования навоза на удобрения;

6. В борьбе с бактериальной загрязненностью можно успешно применять облучатели, обеспечивающие не только инфракрасное и ультрафиолетовое, облучение, но и бактерицидный эффект;

7. Проектировать и строить комплексы следует таким образом, чтобы эксплуатировать их можно было по принципу «все свободно – все занято», обеспечивающему максимальное снижение количества вредных газов, поступающих в окружающую среду. Работать они должны как закрытые предприятия, куда вход посторонним лицам воспрещен.

Не следует забывать, что организм животных и окружающая среда взаимосвязаны и влияют друг на друга, поэтому необходимы меры как предохранения окружающей среды от загрязнения отходами животноводства, так и защиты животных от неблагоприятного воздействия вредных факторов;

8. При решении экологических проблем животноводческих комплексов возникают вопросы оптимизации их размеров. Опыт эксплуатации животноводческих комплексов в природно-климатических условиях Иркутской области показал, что более перспективны молочные комплексы на 400-600 коров, по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота – не более 3 тыс. голов, свиноводческих до 100 тыс. голов;

9. Серьезной экологической проблемой является упорядочение эксплуатации; а в некоторых случаях – и ликвидация ферм, расположенных в природоохранных зонах рек и озер.

Новые и проектируемые животноводческие комплексы возводить на достаточном расстоянии от водных источников. Выбор места строительства согласовать с местными органами охраны природы. Комплексы должны быть оборудованы современными очистными сооружениями;

10. Навоз и навозную жижу использовать в качестве органических удобрений только после соответствующей выдержки в навозохранилищах или после соответствующей термической обработки;

11. Установить строгий санитарно-эпидемиологический контроль за местами водозаборов для питьевых и бытовых нужд. Места водозаборов огородить и содержать в чистоте;

12. Периодически очищать от загрязнения и захламления малые реки и другие пресноводные водоемы. По берегам малых рек посадить кустарники и другие зеленые насаждения с тем, чтобы вернуть им былую полноводность и чистоту;

13. Шире практиковать на селе проведение дней и месячников по борьбе с загрязнением водных источников и в целом окружающей среды.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1969. – 303 с.
2. Агроклиматические ресурсы Иркутской области. / Под. ред. В.И. Гонтарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 207 с.
3. Агроклиматический справочник по Иркутской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 158 с.
4. Агрехимическая характеристика сельскохозяйственных угодий Иркутской области на 01.01. 2000 /Л.И. Сысоев. – Иркутск, 2000. – 100 с.
5. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации /Л.Н. Александрова. – Л., 1980. – 298 с.
6. Алексеев Е.К. Зеленое удобрение в Нечерноземной полосе Е.К. Алексеев. – М., Сельхозгиз, 1959. – 278 с.
7. Анспок П.И. Микроудобрения. Справочная книга – Ленинград: издательство «Колос», 1978. – 272 с.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв /Е.В. Аринушкина. – М., 1970. – 487 с.
9. Брикман В.И. Горьц Забайкальский // Интенсивное кормопроизводство в Восточной Сибири. /В.И. Брикман, С.Г. Гренда, А.М. Емельянов. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.24.
10. Буддо И.С. Местные дикорастущие травы в полеводстве /И.С. Буддо. – Иркутск, 1950. – 36 с.
11. Вавилов Н.И. Пять континентов /Н.И. Вавилов //Повесть о путешествиях в поисках новых растений, т. 1-5, М.: Географгиз, 1962. – 256 с.
12. Вдовина М.Н. Рекомендации по семеноводству эспарцета песчаного в Иркутской области. /М.Н. Вдовина, С.Г. Гренда, Ф.С. Султанов. – Иркутск, 1985. – 9 с.
13. Возбудская А.Е. Химия почвы /А.Е. Возбудская. – М.: Высш. шк., 1968. – 426 с.
14. Возделывание донника в Иркутской области /Ш.К. Хуснидинов, С.Г. Гренда, С.К. Козловский и др. – Иркутск, 1984. – 29 с.
15. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия /С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
16. Гамзиков Г.П. Азотный фонд почв Западной Сибири и пути использования азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры /Г.П. Гамзиков. – Новосибирск, 1981. – 46 с.
17. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири /Г.П. Гамзиков. –М.: Наука, 1981. – 266 с.
18. Ганжара Н.Ф. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества подзолистых и черноземных почв Европейской части СССР /Н.Ф. Ганжа //Автореферат дис. Д.б.н. –М.: 1988. – 31 с.
19. Гедройц К.К. Избранные сочинения в 3 томах /К.К. Гедройц. Т. 1: Почвенные каллоиды и поглощательная способность почв. – М., 1955. – 569 с.

20. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР /К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 244 с.
21. Гладкий М.Ф. и др. Эспарцет /М.Ф. Гладкий. – М.: Колос. – 1971. – 53 с.
22. Головин В.П. Нетрадиционные культуры /В.П. Головин //Земледелие. – 1993. - № 6. – С. 16.
23. Гончаров П.Л. Научные основы травосеяния в Сибири /П.Л. Гончаров //Все-союз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 288 с.
24. Горец забайкальский /К.А. Моисеев, В.С. Соколов, М.И. Александрова и др. // Малораспространенные силосные культуры. – Л.: Колос, 1979. – С. 94-117.
25. Гренда С.Г. Рекомендации по возделыванию эспарцета на корм и семена. / С.Г. Гренда, Ф.С. Султанов, Г.Н. Черненко. – Иркутск, 1988. – 16 с.
26. Гринченко А.М. Трансформация гумуса при сельскохозяйственном использовании почв /А.М. Гринченко, В.Д. муха, Г.Я. Чесняк // Вестник с-х науки. – 1979. – №1. – С. 36-40.
27. Гришина Л.А. Гумусообразование и Гумусное состояние почв /Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 243 с.
28. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2007 году / Е.В. Кучменко, Т.А. Маркова, Иркутск: ООО «Бланкиздат», 2008. – 360 с.
29. Демина А.Е. Горец Забайкальский /А.Е. Демина, П.Е. Суслов //Земледелие. – 1983. – № 7. – С. 40.
30. Дмитриев В.Е. Семеноводство эспарцета сибирского /В.Е. Дмитриев //Кормо-производство. –1986. - №2. – С. 46-48.
31. Добровольский Г.В. Экологические функции почв /Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 137 с.
32. Дьяконова К.В. Баланс и трансформация органического вещества пахотных почв /К.В. Дьяконова, В.С. Булева //Сборник науч. тр. Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – м.: 1987. – С. 12-22.
33. Ефимов Д.А., Донских И.Н., Царенко В.П. Система удобрения – М.: «Колос», 2003. – 319 с.
34. Житов, В.В. Агрохимия в условиях юга Восточной Сибири : учеб. пособие / В.В. Житов, А.А. Долгополов, Н.Н. Дмитриев. – Иркутск: ИрГСХА, 2004. – 336 с.
35. Житов В.В., Дмитриев Н.Н. Зональные основы системы удобрений в земледелии Иркутской области – Иркутск, ИрГСХА, 2013. – 140 с.
36. Житов В.В., Долгополов А.А., Дмитриев Н.Н., Прокопьева Л.Р. Плодородие почв, эффективность удобрений, методы оптимизации питания в земледелии Иркутской области. Учебное пособие – Иркутск, ИрГСХА, 200. – 144 с.
37. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи /П.М. Жуковский. – Л.: Колос, 1971. – 751 с.

38. Каращук И.М. Возделывание эспарцета в Западной Сибири: Методические рекомендации. /И.М. Каращук, И.М. Глинчиков, Р.П. Титова. – Новосибирск, 1976. – 43 с.
39. Карпенко А.П. Свербига восточная / А.П. Карпенко, А.И. Вакуленко, Т.В. Мацына //Кормопроизводство. – 1990, № 6. – С. 16-17.
40. Картушин В. Агроклиматические ресурсы юга Восточной Сибири /В. Картушин: Пояснительный текст к серий агроклиматических карт Иркутской, Читинской областей и Бурятской АССР. – Иркутск, Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 99 с.
41. Катылымов М.В. Справочник по минеральным удобрениям. Теория и практика применения / М.В. Катылымов – М.: Сельхозгиз, 1960. – 552 с.
42. Качинский Н.А. Структура почвы / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 100 с.
43. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур – М : ВО «Агропромиздат», 1989. – 320 с.
44. Кефели В.И. Продуктивность растений и плодородие почв как биосферное явление / В.И. Кефели, А.Е. Калевич, М.В. Филимонова //Почвоведение, 1995. – № 1. – С. 43-49.
45. Кирюшин В.Н. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах /В.Н. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев и др. – М.: Изд – во МСХ, 1993. – 98 с.
46. Климов Л.И. Некоторые агротехнические приемы возделывания эспарцета песчаного в Пензинской области /Л.И. Климов: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Воронеж, 1963. – 17 с.
47. Ковальский В.В. Микроэлементы в растениях и кормах /В.В. Ковальский, Ю.И. Раецкая, Т.И. Грачева. – М.: Колос, 1971. – 236 с.
48. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова /В.А. Ковда. – М., 1985. – 263 с.
49. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения /М.М. Кононова. –М.: Изд-во АН СССР, 1963.- 314 с.
50. Кореньков В.Н., Продуктивное использование минеральных удобрений – М.: Россельхозиздат, 1985. – 221 с.
51. Корзун М.А. Почвы Иркутской области /М.А. Корзун, В.А. Кузьмин //Почвы Иркутской области, их использование и мелирация. – Иркутск, 1979. – С. 17-33.
52. Кочергин А.Е. Условия азотного питания зерновых культур в черноземах Сибири / А.Е. Кочергин //Агробиология. – 1956. – №2. С. 76-88.
53. Кузнецов В.М. Горец Забайкальский и перспективы его введения в культуру /В.М. Кузнецов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 97 с.
54. Кузнецова А.И. Агрэкономические обоснования системы земледелия и севооборотов в лесостепной зоне Иркутской области /А.И. Кузнецова. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1970. – 110 с.
55. Кузнецова Е.Н. Эколого-биологические основы интродукции горца забайкальского (растопыренного) *Polygonum divaricatum* L. в Иркутской об-

ласти /Е.Н. Кузнецова: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1999. – 18 с.

56. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья /В.А. Кузьмин. – Новосибирск: Наука, 1988. – 159 с.

57. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений /Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

58. Ларина В.И. Свербига восточная в лесостепи Украины / В.И. ларина //Кор-мопроизводство. – 1999. – №8. – С. 22-23.

59. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне /А.М. Лыков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с.

60. Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы /А.М. Лыков. – М.: Моск. Рабочий, 1985. – 191 с.

61. Макаров В.Т. Комплексный метод преобразования дерново – подзолистых почв и его эффективность /В.Т. Макаров. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 176 с.

62. Масалимов Т.М. Донник /Т.М. Масалимов. – Уфа, 1991. – 176 с.

63. Медведев П.Ф. Малораспространенные кормовые культуры /П.Ф. Медведев. – Л.: Колос, 1970. – С. 64-69.

64. Мелешко Н.А. Донник /Н.А. Мелешко СХЧ, 1934. – 140 с.

65. Мельников В.Н. Изменение симбиотической активности и урожайности козлятника восточного в зависимости от параметров технологических приемов и интенсивности использования посева /В.Н. Мельников: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. - М., 1994.- 16 с.

66. Минеев В.Г. Агрохимия – М: Издательство МГУ им. М.В.Ломоносова, 2004. – 718 с.

67. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция – М: Издательство ЦИНАО, 2000. – 40 с.

68. Надеждин Б.В. Лено-Ангарская лесостепь /Б.В. Надеждин: Почвенно-географический очерк. – М., 1961. – С. 149-312.

69. Нарциссов В.П. Научные основы систем земледелия /В.П. Нарциссов. – М.: Колос, 1982. – 328 с.

70. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев /А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.- 93с.

71. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений /А.В. Петербургский. – М., Россельхозиздат. – 1981. – 184 с.

72. Помазкина Л.В. Агрохимия азота в таежной зоне Прибайкалья /Л.В. Помазкина. – Новосибирск: Наука. – 1985. – 176 с.

73. Пономарева В.В. Теория почвообразовательного процесса /В.В. Пономарева. – М.: Наука, 1964. – 273 с.

74. Посыпанов Г.С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях /Г.С. Посыпанов //Изв. ТСХА. – М., 1983. – Вып.5. – С. 17-26.

75. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах /Д.Н. Прянишников: Избр. статьи. – М., 1962. – 255 с.
76. Ревут И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 314 с.
77. Рекомендации по возделыванию козлятника восточного в Иркутской области /Ш.К. Хуснидинов, Р.А. Василевич, Г.И. Покровская и др. – Иркутск: Редакционно-изд. центр ГП «Облиформпечать», 1993.-11 с.
78. Рябина О.В. Особенности формирования травостоя и продуктивности эспарцета песчаного в зависимости от сроков, способов посева и норм высева /О.В. Рябина, Ш.К. Хуснидинов. – Иркутск, 1999. – Вып. № 15. – С. 4-7.
79. Соколов А.В. Определение запасов в почве усвояемых фосфатов, их состава, степени подвижности /А.В. Соколов //Почвоведение. – 1968. - № 8. – С. 10-18.
- 80.Солодун В.И., Зайцев А.М., Филиппов А.С., Такаландзе Г.О. Научные основы адаптивно-ландшафтных систем земледелия Предбайкалья. Учебное пособие – Иркутск, Издательство ФГОУ ИрГСХА, 2012. – 448 с.
81. Суворов В.В. Донник /В.В. Суворов. – Л-М.: Сельхозгиз, 1962. – 182 с.
82. Тейт Р. Органическое вещество почвы /Р. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 397 с.
83. Третьякова Г.Ф. Методические указания по составлению технологических карт в растениеводстве / Г.Ф. Третьякова. – Иркутск, 1993. – 7 с.
84. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии /И.В. Тюрин. – М., 1965.- 319 с.
85. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах /А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.И. Чмора и др. – М.: Изд-во АН СССР. – 1961. – 135 с.
86. Хейфец Д.М. Запасы фосфора в различных почвах Советского Союза /Д.М. Хейфец //Тр. ин-та Почв, ин-т. ВАСХНИЛ. – М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 5-19.
87. Хуснидинов, Ш.К. Сидеральная система земледелия Предбайкалья: Монография / Ш.К. Хуснидинов, Н.Н. Дмитриев, Г.О. Хуснидинов, Р.В.Замашиков. – М.: Из-во «Перо», 2014. – 232 с.
88. Хуснидинов Ш.К., Долгополов А.А., Покровская Г.Н. Растениеводство Предбайкалья – Иркутск, Издательство ИрГСХА, 2000. – 462 с.
89. Хуснидинов Ш.К. Долголетие и продуктивность галеги (козлятника) восточной /Ш.К. Хуснидинов, Т.Г. Кудрявцева //Вестник ИрГСХА. – Иркутск, 1999. – Вып. 15. – С. 17-20.
90. Хуснидинов Ш.К. Нетрадиционные сидеральные культуры и плодородие почв Прибайкалья /Ш.К. Хуснидинов. – Иркутск, 1999. – 187 с.
91. Хуснидинов Ш.К. Новые малораспространенные культуры в Иркутской области Ш.К. Хуснидинов. – Иркутск, 1999. – 232 с.

92. Шарков И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири /И.Н. Шарков //Автореф. Дис. Д.б.н. – Новосибирск, 1997. – 37 с.

93. Шевчук В.Е. Донник в Иркутской области /В.Е. Шевчук. – Иркутск, Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 75 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Агрохимическая характеристика пахотных угодий области по содержанию гумуса

на 01.01.2014 г.

№ п/п	Районы	Обследовано пашни, тыс.га	Группировка почв по содержанию												
			очень низкое		низкое		среднее		выше среднего		высокое		очень высокое		средне-взвешенная
			тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	%
1.	Аларский	137,1	1,2	0,9	30,7	22,4	43,3	31,5	44,0	32,1	13,4	9,8	4,5	3,3	5,8
2.	Баяндаевский	86,5	0,2	0,3	8,6	9,9	22,5	25,9	34,9	40,2	16,3	18,8	4,0	4,6	6,7
3.	Боханский	107,1	4,3	4,0	45,6	42,6	34,6	32,3	17,7	16,5	3,7	3,5	1,2	1,1	4,6
4.	Нукутский	100,8	0,2	0,2	12,8	12,7	29,5	29,2	45,3	44,9	11,0	10,9	2,0	1,9	6,2
5.	Осинский	61,7	0,3	0,5	20,3	32,9	17,6	28,6	18,4	29,8	3,7	6,0	1,4	2,2	5,3
6.	Эхирит-Булагатский	123,8	2,5	2,0	33,6	27,2	52,6	42,5	28,0	22,6	5,6	4,5	1,5	1,2	5,1
7.	Ангарский	4,9	0,4	8,6	3,1	61,8	1,1	22,6	0,1	2,6	0,0	0,8	0,2	3,5	3,8
8.	Жигаловский	23,6	4,1	17,3	13,5	57,2	3,0	12,9	1,0	4,3	1,1	4,6	0,9	3,7	3,7
9.	Иркутский	64,5	10,5	16,3	32,6	50,4	13,5	20,9	4,7	7,3	1,3	2,1	1,9	3,0	3,8
10.	Качугский	99,4	1,4	1,4	30,0	30,2	30,5	30,6	21,5	21,7	8,5	8,6	7,5	7,6	5,6
11.	Казачинско-Ленский	3,6	0,0	0,0	0,8	23,7	1,2	32,8	1,3	35,3	0,3	8,3	0,0	0,0	5,6
12.	Киренский	10,5	3,8	36,3	4,5	42,7	1,4	13,1	0,7	6,7	0,1	0,9	0,0	0,4	2,9
13.	Ольхонский	5,1	0,9	16,9	1,6	31,6	1,4	27,2	0,9	17,4	0,3	6,0	0,0	1,0	4,4
14.	Усольский	38,8	4,1	10,6	20,7	53,3	10,4	26,9	2,8	7,2	0,6	1,5	0,2	0,5	3,8
15.	Усть-Удинский	43,7	11,8	26,9	14,5	33,1	9,9	22,6	5,9	13,6	1,2	2,8	0,4	0,9	3,7
16.	Черемховский	110,5	0,6	0,5	23,0	20,8	39,9	36,1	32,0	28,9	11,8	10,7	3,2	2,9	5,8
17.	Шелеховский	3,4	0,2	5,0	2,1	63,0	0,5	13,5	0,5	13,7	0,0	1,0	0,1	3,8	4,1
	<b>По Иркутской зоне</b>	<b>1025,0</b>	<b>46,5</b>	<b>4,5</b>	<b>298,0</b>	<b>29,1</b>	<b>312,9</b>	<b>30,5</b>	<b>259,7</b>	<b>25,3</b>	<b>78,9</b>	<b>7,7</b>	<b>29,0</b>	<b>2,8</b>	<b>5,3</b>
18.	Балаганский	30,8	1,5	4,9	16,6	53,8	11,0	35,6	1,7	5,4	0,1	0,3	0,0	0,0	3,9
19.	Братский	56,5	8,9	15,8	34,0	60,2	10,2	18,0	2,3	4,1	1,1	1,9	0,0	0,0	3,4
20.	Заларинский	3,3	0,0	0,0	2,4	73,8	0,9	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
21.	Зиминский	49,5	10,4	21,0	32,3	65,1	6,3	12,8	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
22.	Куйтунский	143,5	14,7	10,3	57,7	40,2	52,3	36,5	16,5	11,5	2,0	1,4	0,3	0,2	4,1
23.	Нижнеилимский	11,0	3,7	33,6	7,0	63,5	0,2	1,7	0,1	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
24.	Нижнеудинский	38,3	1,9	5,0	21,0	54,8	10,7	27,9	3,3	8,6	1,4	3,7	0,0	0,0	4,1
25.	Тайшетский	41,9	3,0	7,1	32,8	78,3	5,5	13,2	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
26.	Тулунский	104,4	5,6	5,4	61,3	58,8	35,0	33,5	2,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
27.	Усть-Илимский	10,3	0,9	8,5	8,1	79,1	0,7	6,8	0,6	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
28.	Усть-Кутский	5,8	1,5	25,9	3,1	53,2	0,9	15,4	0,3	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
29.	Чунский	14,7	0,0	0,0	11,6	78,9	2,7	18,5	0,3	2,0	0,0	0,0	0,1	0,6	3,5
	<b>По Тулунской зоне</b>	<b>510,0</b>	<b>52,1</b>	<b>10,2</b>	<b>287,9</b>	<b>56,5</b>	<b>136,3</b>	<b>26,7</b>	<b>28,7</b>	<b>5,6</b>	<b>4,6</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>	<b>3,7</b>
	<b>Итого по области</b>	<b>1535,0</b>	<b>98,6</b>	<b>6,4</b>	<b>585,9</b>	<b>38,2</b>	<b>449,1</b>	<b>29,3</b>	<b>288,3</b>	<b>18,8</b>	<b>83,7</b>	<b>5,4</b>	<b>29,4</b>	<b>1,9</b>	<b>4,7</b>



## Агрохимическая характеристика пахотных угодий области по содержанию подвижного фосфора

на 01.01.2014 г.

№ п/п	Районы	Обследовано пашни, тыс.га	Группировка почв по содержанию												
			очень низкое		низкое		среднее		выше среднего		высокое		очень высокое		средне-взвешенная
			тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	%
1.	Аларский	137,1	1,9	1,4	17,2	12,5	85,1	62,0	25,1	18,3	5,4	3,9	2,5	1,8	88,0
2.	Баяндаевский	86,5	3,4	3,9	12,4	14,4	40,9	47,3	19,1	22,1	7,9	9,1	2,8	3,3	97,3
3.	Боханский	107,1	7,7	7,2	12,0	11,2	37,3	34,9	27,0	25,2	17,1	16,0	6,0	5,6	111,8
4.	Нукутский	100,8	1,9	1,9	8,9	8,9	59,7	59,2	19,2	19,0	6,9	6,8	4,3	4,2	98,5
5.	Осинский	61,7	6,1	9,8	8,2	13,4	25,8	41,8	12,1	19,6	6,6	10,8	2,8	4,6	97,8
6.	Эхирит-Булагатский	123,8	3,3	2,7	10,2	8,2	55,5	44,8	32,0	25,9	16,7	13,5	6,1	4,9	111,5
7.	Ангарский	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	7,9	0,3	6,8	0,8	15,5	3,5	69,7	254,8
8.	Жигаловский	23,6	0,1	0,6	0,6	2,7	4,5	18,9	5,6	23,6	7,6	32,1	5,2	22,1	175,7
9.	Иркутский	64,5	0,2	0,3	3,4	5,3	15,7	24,3	18,9	29,2	21,6	33,5	4,8	7,4	146,4
10.	Качугский	99,4	0,5	0,5	5,3	5,4	41,4	41,6	18,5	18,6	17,4	17,5	16,2	16,3	141,0
11.	Казачинско-Ленский	3,6	0,0	0,0	0,2	6,4	1,5	43,0	0,7	19,4	0,8	22,7	0,3	8,6	130,4
12.	Киренский	10,5	0,3	2,4	1,0	9,1	3,1	29,6	2,2	20,9	3,1	30,0	0,8	8,0	136,4
13.	Ольхонский	5,1	0,4	8,4	1,4	27,5	2,1	40,2	0,6	11,0	0,4	7,7	0,3	5,2	86,7
14.	Усольский	38,8	0,0	0,0	0,8	2,1	9,4	24,1	8,4	21,7	12,2	31,5	7,9	20,5	171,0
15.	Усть-Удинский	43,7	0,3	0,7	1,6	3,6	21,2	48,4	11,8	27,0	5,0	11,4	3,9	8,9	121,5
16.	Черемховский	110,5	2,6	2,4	17,5	15,9	56,4	51,0	22,4	20,3	8,2	7,4	3,4	3,1	94,3
17.	Шелеховский	3,4	0,0	0,0	0,1	2,3	0,9	25,9	0,9	26,0	1,4	41,8	0,1	3,5	147,2
	<b>По Иркутской зоне</b>	<b>1025,0</b>	<b>28,8</b>	<b>2,8</b>	<b>101,0</b>	<b>9,8</b>	<b>460,6</b>	<b>44,9</b>	<b>224,8</b>	<b>21,9</b>	<b>139,0</b>	<b>13,6</b>	<b>70,9</b>	<b>6,9</b>	<b>113,5</b>
18.	Балаганский	30,8	0,92	3,0	3,41	11,1	7,8	25,3	12,95	42,0	3,82	12,4	1,91	6,2	119,9
19.	Братский	56,5	0,0	0,0	7,0	12,4	16,3	28,9	15,0	26,6	13,5	24,0	4,6	8,1	132,4
20.	Заларинский	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	1,1	34,7	2,0	62,2	260,0
21.	Зиминский	49,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	4,0	8,1	19,4	39,1	25,9	52,2	245,6
22.	Куйтунский	143,5	0,9	0,6	7,2	5,0	47,0	32,7	43,2	30,1	36,9	25,7	8,3	5,8	133,4
23.	Нижеилимский	11,0	0,4	3,8	1,4	12,5	3,6	32,3	1,7	15,8	2,7	24,3	1,2	11,3	132,0
24.	Нижеудинский	38,3	0,6	1,4	2,2	5,6	17,0	44,0	13,6	35,1	5,0	12,9	0,4	1,0	108,4
25.	Тайшетский	41,9	0,0	0,0	2,0	4,7	3,8	9,1	11,1	26,4	14,9	35,5	10,2	24,3	185,8
26.	Тулунский	104,4	1,1	1,0	18,4	17,6	59,9	57,4	19,5	18,7	5,5	5,3	0,0	0,0	84,2
27.	Усть-Илимский	10,3	2,5	23,9	3,6	34,8	1,2	12,0	0,5	5,0	2,3	22,4	0,2	1,9	82,3
28.	Усть-Кутский	5,8	0,0	0,7	0,7	11,6	1,7	30,0	1,6	27,5	1,1	19,7	0,6	10,5	132,6
29.	Чунский	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	9,9	9,8	66,3	3,5	23,8	216,7
	<b>По Тулунской зоне</b>	<b>510,0</b>	<b>6,3</b>	<b>1,2</b>	<b>45,8</b>	<b>9,0</b>	<b>158,7</b>	<b>31,1</b>	<b>124,8</b>	<b>24,5</b>	<b>116,0</b>	<b>22,7</b>	<b>58,8</b>	<b>11,5</b>	<b>137,9</b>
	<b>Итого по области</b>	<b>1535,0</b>	<b>35,1</b>	<b>2,3</b>	<b>146,1</b>	<b>9,6</b>	<b>619,2</b>	<b>40,3</b>	<b>349,6</b>	<b>22,8</b>	<b>255,1</b>	<b>16,6</b>	<b>129,7</b>	<b>8,4</b>	<b>121,6</b>

## Агрохимическая характеристика пахотных угодий области по содержанию обменного калия

на 01.01.2014 г.

№ п/п	Районы	Обследовано пашни, тыс.га	Группировка почв по содержанию												
			очень низкое		низкое		среднее		выше среднего		высокое		очень высокое		средне-взвешенная
			тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	%
1.	Аларский	137,1	0,4	0,3	35,3	25,7	82,6	60,2	14,0	10,2	3,6	2,6	1,3	1,0	99,4
2.	Баяндаевский	86,5	0,1	0,1	4,4	5,1	25,2	29,1	25,8	29,8	21,1	24,4	9,9	11,4	161,4
3.	Боханский	107,1	0,1	0,1	17,5	16,3	51,3	47,8	26,7	24,9	9,9	9,2	1,8	1,7	118,6
4.	Нукутский	100,8	0,8	0,8	30,6	30,3	49,7	49,3	13,4	13,2	4,7	4,6	1,7	1,7	102,2
5.	Осинский	61,7	0,3	0,5	36,0	58,3	21,0	34,1	2,9	4,8	1,0	1,7	0,4	0,6	82,0
6.	Эхирит-Булагатский	123,8	0,5	0,4	21,4	17,3	49,8	40,2	33,3	26,9	15,0	12,1	3,7	3,0	124,2
7.	Ангарский	4,9	0,9	17,3	2,3	45,0	1,6	31,2	0,2	4,2	0,0	0,9	0,1	1,3	74,1
8.	Жигаловский	23,6	1,6	6,7	11,5	48,6	7,5	31,7	2,4	10,2	0,5	2,0	0,2	0,7	83,9
9.	Иркутский	64,5	1,1	1,7	24,3	37,6	28,3	43,9	8,8	13,6	1,6	2,5	0,4	0,7	94,3
10.	Качугский	99,4	1,1	1,1	34,2	34,4	45,3	45,6	13,3	13,4	4,4	4,4	1,1	1,1	98,9
11.	Казачинско-Ленский	3,6	0,0	0,0	2,7	76,7	0,6	17,1	0,2	5,3	0,0	0,0	0,0	0,8	73,9
12.	Киренский	10,5	2,0	19,2	5,6	53,7	2,4	22,7	0,4	3,4	0,1	0,7	0,0	0,3	66,5
13.	Ольхонский	5,1	0,1	1,8	1,2	23,8	1,4	27,6	1,3	24,4	0,6	12,6	0,5	9,7	133,8
14.	Усольский	38,8	3,2	8,3	26,2	67,5	7,8	20,2	1,1	3,0	0,4	0,9	0,0	0,1	69,4
15.	Усть-Удинский	43,7	0,9	2,1	27,7	63,5	12,0	27,3	2,4	5,6	0,5	1,1	0,2	0,4	78,0
16.	Черемховский	110,5	0,7	0,6	25,0	22,6	56,6	51,2	19,6	17,7	6,6	6,0	2,0	1,8	109,1
17.	Шелеховский	3,4	0,6	18,7	2,6	77,7	0,1	3,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	54,5
	<b>По Иркутской зоне</b>	<b>1025,0</b>	<b>14,4</b>	<b>1,4</b>	<b>308,4</b>	<b>30,1</b>	<b>443,1</b>	<b>43,2</b>	<b>165,8</b>	<b>16,2</b>	<b>70,0</b>	<b>6,8</b>	<b>23,4</b>	<b>2,3</b>	<b>106,7</b>
18.	Балаганский	30,8	0,0	0,0	0,1	0,5	20,2	65,9	9,7	31,7	0,5	1,7	0,05	0,2	116,8
19.	Братский	56,5	0,0	0,0	0,21	0,4	12,6	22,3	21,7	38,4	20,5	36,2	1,5	2,7	162,9
20.	Заларинский	3,3	0,0	0,0	0,0	0,4	2,5	75,7	0,8	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	111,1
21.	Зиминский	49,5	1,5	3,1	31,7	63,8	15,3	30,9	0,7	1,4	0,3	0,6	0,1	0,1	74,1
22.	Куйтунский	143,5	0,3	0,2	19,0	13,2	58,0	40,4	49,6	34,5	15,2	10,6	1,4	1,0	124,2
23.	Нижнеилимский	11,0	0,6	5,7	3,3	29,7	5,5	49,9	1,3	12,1	0,3	2,7	0,0	0,0	92,5
24.	Нижнеудинский	38,3	0,4	0,9	18,0	46,5	14,7	38,0	4,6	11,9	1,0	2,7	0,0	0,0	88,1
25.	Тайшетский	41,9	0,8	1,8	19,3	45,9	16,7	39,8	5,2	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	86,3
26.	Тулунский	104,4	0,2	0,2	39,1	37,5	51,5	49,3	13,2	12,7	0,4	0,4	0,0	0,0	91,5
27.	Усть-Илимский	10,3	0,0	0,0	2,7	25,8	4,3	41,9	2,7	26,6	0,6	5,7	0,0	0,0	108,5
28.	Усть-Кутский	5,8	0,0	0,0	1,2	20,5	4,5	78,3	0,0	0,7	0,0	0,5	0,0	0,0	93,1
29.	Чунский	14,7	0,2	1,4	5,5	37,2	6,5	44,0	2,6	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	92,4
	<b>По Тулунской зоне</b>	<b>510,0</b>	<b>4,0</b>	<b>0,8</b>	<b>180,0</b>	<b>27,4</b>	<b>212,3</b>	<b>41,6</b>	<b>112,2</b>	<b>22,0</b>	<b>38,9</b>	<b>7,6</b>	<b>3,1</b>	<b>0,6</b>	<b>108,4</b>
	<b>Итого по области</b>	<b>1535,0</b>	<b>18,3</b>	<b>1,2</b>	<b>448,5</b>	<b>29,2</b>	<b>655,5</b>	<b>42,7</b>	<b>278,0</b>	<b>18,1</b>	<b>108,8</b>	<b>7,1</b>	<b>26,4</b>	<b>1,7</b>	<b>107,2</b>

## Агрохимическая характеристика пахотных угодий области по степени кислотности

на 01.01.2014 г.

№ п/п	Районы	Обследовано пашни, тыс.га	Группировка почв по содержанию												
			очень сильно кислые		сильно кислые		средне кислые		слабо кислые		близкие к нейтральной		нейтральные		средне-взвешенная
			тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	
1.	Аларский	137,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	41,9	30,5	43,6	31,8	50,5	36,9	5,9
2.	Баяндаевский	86,5	0,3	0,3	0,6	0,7	1,8	2,1	6,4	7,4	17,7	20,5	59,7	69,1	6,2
3.	Боханский	107,1	0,0	0,0	0,2	0,2	1,6	1,5	19,9	18,6	25,7	24,0	59,7	55,7	6,1
4.	Нукутский	100,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	2,8	2,7	8,4	8,4	88,9	88,2	6,4
5.	Осинский	61,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	1,3	2,2	60,0	97,3	6,5
6.	Эхирит-Булагатский	123,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,2	19,7	16,0	29,3	23,7	73,3	59,1	6,1
7.	Ангарский	4,9	0,9	17,3	1,7	33,2	1,8	35,4	0,5	9,2	0,2	3,6	0,1	1,3	4,6
8.	Жигаловский	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	2,8	1,8	7,6	21,1	89,3	6,4
9.	Иркутский	64,5	1,1	1,7	1,4	2,1	8,7	13,5	31,5	48,8	14,5	22,4	7,4	11,5	5,4
10.	Качугский	99,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,1	1,9	1,9	96,5	97,0	6,5
11.	Казачинско-Ленский	3,6	0,0	0,0	0,1	1,4	0,1	4,1	0,2	4,4	0,2	5,5	3,0	84,6	6,3
12.	Киренский	10,5	0,0	0,0	0,2	2,4	1,3	12,6	1,5	13,9	1,2	11,4	6,3	59,7	6,0
13.	Ольхонский	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	0,6	12,0	1,9	37,5	2,5	48,6	6,1
14.	Усольский	38,8	0,0	0,0	0,5	1,3	3,3	8,6	9,7	24,9	5,1	13,1	20,2	52,0	5,9
15.	Усть-Удинский	43,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	1,0	2,3	42,3	96,7	6,5
16.	Черемховский	110,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	4,7	45,0	40,7	36,3	32,8	24,1	21,8	5,7
17.	Шелеховский	3,4	0,0	0,0	0,1	2,1	0,8	25,2	1,4	42,4	0,3	10,1	0,7	20,2	5,4
	<b>По Иркутской зоне</b>	<b>1025,0</b>	<b>2,2</b>	<b>0,2</b>	<b>4,7</b>	<b>0,5</b>	<b>28,2</b>	<b>2,8</b>	<b>183,4</b>	<b>17,9</b>	<b>190,5</b>	<b>18,6</b>	<b>616,0</b>	<b>60,1</b>	<b>6,1</b>
18.	Балаганский	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,5	1,7	30,1	97,8	6,5
19.	Братский	56,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,9	7,1	12,6	16,5	29,2	31,8	56,3	6,1
20.	Заларинский	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,9	59,2	1,3	39,9	0,0	0,0	5,5
21.	Зиминский	49,5	0,0	0,0	0,6	1,3	10,1	20,3	15,1	30,4	12,5	25,2	11,3	22,8	5,6
22.	Куйтунский	143,5	0,0	0,0	3,3	2,3	6,9	4,8	64,3	44,8	50,7	35,3	18,3	12,7	5,6
23.	Нижнеилимский	11,0	0,2	1,6	0,7	6,7	0,9	8,2	3,2	29,5	3,8	34,6	2,1	19,5	5,6
24.	Нижнеудинский	38,3	0,0	0,0	0,7	1,9	19,0	49,0	14,0	36,1	4,6	11,9	0,4	1,2	5,1
25.	Тайшетский	41,9	0,0	0,0	1,4	3,3	14,2	34,0	16,6	39,7	5,4	12,9	4,3	10,2	5,3
26.	Тулунский	104,4	0,0	0,0	2,2	2,1	26,8	25,7	59,9	57,3	14,6	14,0	0,9	0,9	5,2
27.	Усть-Илимский	10,3	0,0	0,4	2,2	21,8	2,3	22,2	4,2	41,1	1,1	10,8	0,4	3,7	5,1
28.	Усть-Кутский	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	0,7	12,7	0,5	8,9	4,4	75,7	6,2
29.	Чунский	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	10,5	3,9	26,5	7,6	51,7	1,7	11,3	5,6
	<b>По Тулунской зоне</b>	<b>510,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>11,3</b>	<b>2,2</b>	<b>83,0</b>	<b>16,3</b>	<b>191,2</b>	<b>37,5</b>	<b>119,1</b>	<b>23,3</b>	<b>105,7</b>	<b>20,7</b>	<b>5,6</b>
	<b>Итого по области</b>	<b>1535,0</b>	<b>2,4</b>	<b>0,2</b>	<b>16,0</b>	<b>1,0</b>	<b>111,2</b>	<b>7,2</b>	<b>374,6</b>	<b>24,4</b>	<b>309,6</b>	<b>20,2</b>	<b>721,6</b>	<b>47,0</b>	<b>5,9</b>

Схема смешивания удобрений (по И.М.Стребкову)

Удобрения	Аммиачная селитра	Сульфат аммония	Мочевина (карбамид)	Суперфосфат простой	Суперфосфат гранулированный	Суперфосфат двойной	Преципитат	Фосфорная мука	Аммофос, диаммонийфосфат	Хлористый калий	Калийная соль	Сернокислый калий	Сильвинит, каинит
Аммиачная селитра	М	У	Н	Н	У	У	У	У	У	У	У	У	У
Сульфат аммония	У	М	У	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Мочевина (карбамид)	Н	У	М	Н	У	У	У	У	У	У	У	М	У
Суперфосфат простой	Н	М	Н	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Суперфосфат гранулированный	У	М	У	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Суперфосфат двойной	У	М	У	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Преципитат	У	М	У	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Фосфоритная мука	У	М	У	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Аммофос, диаммонийфосфат	У	М	У	М	М	М	М	М	М	У	У	М	У
Хлористый калий	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М
Калийная соль 40 %	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М
Сернокислый калий	У	М	У	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М
Сильвинит, каинит	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	М

Примечание : Буквы в месте пересечения вертикальных и горизонтальных граф обозначает : М – смешивать можно; У – смешивать можно непосредственно перед внесением; Н – смешивать нельзя.

Нормативы хозяйственного выноса питательных веществ зерновыми, зерно-  
бобовыми, крупяными культурами и картофелем

Культура	Продукция	Вынос питательных веществ в кг на 1 тонну основной продукции с учетом побочной		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пшеница яровая	зерно	22	7	5
	зерно + солома	29	10	19
Ячмень	зерно	18	8	5
	зерно + солома	25	10	23
Овёс	зерно	20	7	4
	зерно + солома	32	11	27
Горох	зерно	35	9	12
	зерно + солома	58	13	25
Гречиха	зерно	15	6	5
	зерно + солома	27	15	36
Просо	зерно + солома	30	14	35
Рапс яровой на семена (маслосемена)	зерно + солома	49	23	30
Картофель	клубни	3,1	1,1	4,9
	клубни + ботва	6,0	1,6	7,8

Нормативы хозяйственного выноса питательных веществ кормовыми культурами

Культура	Продукция	Вынос питательных веществ в кг на 1 тонну основной продукции с учетом побочной		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Кукуруза на зеленый корм и силос	зеленая масса	3,5	1,2	3,7
Подсолнечник на силос	зеленая масса	3,7	0,6	4,6
Однолетние бобово-злаковые смеси	зеленая масса	4,7	1,3	4,9
	сено	18,8	5,2	19,8
Однолетние злаковые смеси	зеленая масса	3,6	1,0	4,4
	сено	14,6	4,1	17,7
Редька масличная	зеленая масса	4,6	1,8	5,0
Рапс яровой	зеленая масса	4,3	1,8	7,0
Кормовая свекла	корнеплод	3,3	1,0	6,2
Кормовая брюква	корнеплод	4,9	1,6	7,4
Турнепс	корнеплод	2,2	1,4	5,7
Люцерна	сено	26	6,5	15
Клевер	сено	25	6,0	16
Донник	сено	24	5,0	14
Эспарцет	сено	15	2,2	10
Кострец безостый	сено	12,9	4,4	22

Нормативы хозяйственного выноса питательных веществ овощными культурами открытого грунта

Культура	Продукция	Вынос питательных веществ в кг на 1 тонну основной продукции с учетом побочной		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Капуста белокочанная	кочаны	2,5	1,0	3,5
Капуста белокочанная среднепоздняя	кочаны	4,0	1,4	4,0
Капуста белокочанная поздняя	кочаны	3,0	1,1	5,0
Капуста краснокочанная	кочаны	6,0	1,7	7,0
Капуста цветная	соцветия	11,7	3,2	11,3
Морковь столовая	корнеплод	2,9	1,3	4,4
Свекла столовая	корнеплод	4,7	1,7	6,9
Петрушка	корнеплод	3,0	1,5	5,0
Редис	корнеплод	5,0	1,2	5,5
Лук репчатый острый	луковица	4,4	1,2	2,1
Лук репчатый сладкий	луковица	3,0	1,1	3,2
Чеснок	луковица	5,0	1,3	4,0
Огурцы	плоды	1,5	0,9	3,0
Томаты	плоды	1,6	0,5	2,4

Система удобрений для лесостепной зоны (Крестьянинова Н.Г., 1978 г.)

Предшественник	Культура	Дозы удобрений, кг д.в-ва/га при определенном содержании питательных веществ (фосфора, калия) и гумуса в почве								
		Азотные			Фосфорные			Калийные		
		низкое содержание гумуса	среднее содержание гумуса	высокое содержание гумуса	низкое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	среднее содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	высокое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	низкое содержание K <sub>2</sub> O	среднее содержание K <sub>2</sub> O	высокое содержание K <sub>2</sub> O
Овёс	Пар чистый и кулисный	40 т навоза	30 т навоза	20 т навоза	60	40	-	50	30	30
Пар	Пшеница	60*	50*	40*	-	-	20p	-	-	-
Силосные и пропашные	Пшеница	60	50	40	50	40	30p	60	50	40
Бобовые и бобово-злаковые смеси	Пшеница	40	30	30	60	50	40	60	50	40
Зерновые	Кукуруза, силосные	120	100	80	60	50	40	100	80	60
Силосные и пропашные	Ячмень	40	30	30	40	30p	20p	30	30	30
Пшеница по пару	Ячмень + донник	50	45	40	60	50	40	60	50	40
Пшеница по пару	Овёс	70	60	50	50	40	30p	50	40	30
Пшеница по пропашным и силосным	Овёс	80	70	60	60	50	40	60	50	40
Силосные и пропашные	Овёс	60	50	40	40	30p	30p	50	40	30
Пар	Пшеница + донник	40	30	30	60	50	30p	50	40	30
Пшеница	Донник или бобово-злаковая смесь	60	40	30	-	-	-	-	-	-
Зерновые	Кукуруза, силосные	60т навоза	40 т навоза	20 т навоза	60	50	40	90	70	50

Примечание :

1. \* азотные удобрения вносятся, если по пару не вносили навоз;
2. нормы удобрений даны при урожайности зерновых до 25 ц/га, силосные – до 200 ц/га;
3. нормы удобрений повышаются на 30 % при уровне урожайности зерновых свыше 25 ц/га, силосных – 250 ц/га;
4. дозы фосфора 20-30 кг/га необходимо вносить в рядки при посеве.



Система удобрений в подтаёжной зоне (Крестьянинова Н.Г., 1978 г.)

Предшественник	Культура	Дозы удобрений, кг д.в-ва/га при определенном содержании питательных веществ (фосфора, калия) и гумуса в почве								
		Азотные			Фосфорные			Калийные		
		низкое содержание гумуса	среднее содержание гумуса	высокое содержание гумуса	низкое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	среднее содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	высокое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	низкое содержание K <sub>2</sub> O	среднее содержание K <sub>2</sub> O	высокое содержание K <sub>2</sub> O
Овёс	Пар чистый	40 т навоза	30 т навоза	20 т навоза	60	40	-	40	30	30
Чистый пар	Пшеница	50*	40*	30*	-	-	20р	-	-	-
Силосные	Пшеница	60	50	40	50	40	20р	60	50	40
Донник	Пшеница	50	40	30	60	40	20р	50	40	30
Чистый пар	Пшеница+донник	30	30	-	50	40	30р	50	40	30
Пшеница	Ячмень+донник	40	30	30	60	50	40	60	50	40
Зерновые	Силосные	100	80	60	20р	20р	-	90	80	60
Зерновые	Донник	60	50	40	-	-	-	-	-	-
Зерновые	Овёс	50	40	30	30р	20р	-	40	30	30

Примечание:

1. \*азотные удобрения вносят, если по пару не вносился навоз;
2. нормы удобрений увеличиваются на 30%, если уровень урожайности зерновых выше 20 ц/га, силосных – 200 ц/га.

Система удобрений для остепнённой зоны (Крестьянинова Н.Г., 1978 г.)

Предшественник	Культура	Дозы удобрений, кг д.в-ва/га при определенном содержании питательных веществ (фосфора, калия) и гумуса в почве								
		Азотные			Фосфорные			Калийные		
		низкое содержание гумуса	среднее содержание гумуса	высокое содержание гумуса	низкое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	среднее содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	высокое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	низкое содержание K <sub>2</sub> O	среднее содержание K <sub>2</sub> O	высокое содержание K <sub>2</sub> O
Кулистый пар	Пшеница	40	30	-	30р	20р	-	30	-	-
Силосные и пропашные	Пшеница	50	40	-	40	30р	20р	50	40	30
Донник	Пшеница	40	30	-	50	20р	-	40	30	-
Пшеница	Ячмень+донник	50	40	30	50	40	30р	50	40	30
Бобово-злаковые смеси	Пшеница	50	40	30	40	30р	20р	50	40	30
Силосные и пропашные	Овёс	50	40	30	30р	20р	-	40	30	30
Пшеница	Овёс+донник	45	40	30	30р	20р	20р	40	30	-
Зерновые	Донник: зеленая масса семена	50	30	-	60	40	20р	60	40	30
		40	30	-	70	40	20р	70	50	40
Донник	Ячмень	40	30	-	30р	20р	20р	30	30	-
Зерновые	Горох	40	30	-	40	20р	20р	40	30	-
Пар	Пшеница+донник	40	30	-	50	40	20р	40	30	30
Пар (внесено 40 т навоза)	Корнеплоды	90	60	40	60	40	40	90	60	40
	Силосные	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Зерновые	Кукуруза	90	75	60	50	40	40	80	70	60
Однолетние травы	Силосные	80	70	60	50	40	30	70	60	40
	Однолетние травы	60	40	30	40	20р	20р	30	-	-
Силосные	Силосные	70	60	50	50	40	20р	60	50	40
Силосные	Подсолнечник	70	60	40	40	30р	20р	100	80	60
	Рапс на зел.массу	90	70	50	70	40	20р	100	80	60
	Рапс на семена	40	30	-	80	60	30р	90	80	60
	Мн.травы бобовые	50	40	30	60	40	30	60	50	30
	Мн.травы злаковые	90	60	40	50	40	30	40	30	-
	Горохо-овсянная смесь	60	45	30	40	20р	20р	45	30	30
	Картофель	70	50	30	50	40	30	80	60	40

## Химический состав органических удобрений (% на сырое вещество)

Вид органических удобрений	Содержание, %				
	Сухое вещество	N в том числе		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		общий	аммиачный		
Полуперепревший подстилочный навоз	33	0,48	-	0,28	0,77
Бесподстилочный полужидкий навоз	10	0,20	0,17	0,17	0,39
Бесподстилочный жидкий навоз	7	0,22	0,15	0,08	0,23
Подстилочный птичий помёт	39	0,96	0,05	1,03	0,66
Бесподстилочный птичий помет	11	0,46	0,14	0,39	0,27
Торфопомётный компост	41	0,78	0,07	0,33	0,25
Торфонавозный компост	40	0,68	0,04	0,24	0,25
Сидераты	25	0,53	-	0,17	0,94
Сапропель	41	0,62	-	0,03	0,1
Солома	80	0,45	-	0,15	0,85