

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Л.А. Михайлова, М.И. Пинаева

АГРОХИМИЯ.
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
ПОД ОСНОВНЫЕ САДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Учебное пособие

Пермь
ИИЦ «Прокрость»
2023

УДК 634.54:634
ББК 40.4
М 69

Рецензенты:

Н.Е. Завьялова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий «Пермский НИИСХ» - филиал ПФИЦ УрО РАН.

Т.В. Соромотина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и перерабатывающих технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

М 69 Михайлова, Л.А.

Агрохимия. Научные основы применения удобрений под основные садовые культуры : учебное пособие / Л.А. Михайлова, М.И. Пинаева ; М-во науки и высшего образования РФ, Федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2023. – 172 с. : ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 171-172. – 30 экз. – ISBN 978-5-94279-591-7. – Текст : непосредственный

В пособии освещены вопросы рационального применения органических и минеральных удобрений для садовых культур. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность удобрений, описаны методы расчёта доз минеральных удобрений, приведены обоснованные дозы, сроки и способы применения удобрений под основные культуры с учётом их биологических особенностей, уровня планируемой урожайности и почвенных условий.

Учебное пособие предназначено для обучающихся высших учебных заведений по направлениям подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия, 35.03.05 Садоводство. Может быть использовано обучающимися направлений подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение.

УДК 634.54:634
ББК 40.4

Утверждено в качестве учебного пособия методическим советом ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (протокол № 9 от 01.06.2023)

ISBN 978-5-94279-591-7

© ИПЦ «Прокрость», 2023
© Михайлова Л.А., 2023
© Пинаева М.И., 2023

Содержание

| | |
|--|------------|
| Введение..... | 4 |
| Глава 1. Понятие системы удобрения | 6 |
| 1.1 Определение, цель и задачи системы удобрения..... | 6 |
| 1.2 Факторы, влияющие на эффективность удобрений..... | 11 |
| Глава 2. Методы определения оптимальных доз удобрений... .. | 23 |
| 2.1 Методы, основанные на обобщении данных с эмпирическими дозами удобрений..... | 25 |
| 2.2 Балансовые методы..... | 29 |
| 2.3 Определение доз минеральных удобрений при их ограниченных ресурсах..... | 32 |
| Глава 3. Удобрение овощных культур..... | 35 |
| 3.1 Особенности питания овощных культур..... | 35 |
| 3.2 Удобрение капусты..... | 47 |
| 3.3 Удобрение лука и чеснока..... | 57 |
| 3.4 Удобрение столовых корнеплодов..... | 63 |
| 3.5 Удобрение зеленных и тыквенных культур..... | 75 |
| 3.6 Удобрение огурца и томата в открытом и защищённом грунте | 80 |
| 3.6.1 Особенности питания и удобрение огурца..... | 80 |
| 3.6.2 Особенности питания и удобрение томата, перца, баклажана..... | 84 |
| 3.6.3 Удобрение огурца и томата в защищённом грунте..... | 95 |
| Глава 4. Удобрение плодово-ягодных культур..... | 104 |
| 4.1 Особенности развития и питания плодово-ягодных культур... .. | 104 |
| 4.2 Удобрение саженцев в плодовом и ягодном питомнике..... | 106 |
| 4.3 Закладка и удобрение молодого сада..... | 107 |
| 4.4 Удобрение плодоносящего сада..... | 111 |
| 4.5 Удобрение смородны..... | 114 |
| 4.6 Удобрение крыжовника..... | 116 |
| 4.7 Удобрение малины..... | 117 |
| 4.8 Удобрение земляники..... | 119 |
| 4.9 Удобрение облепхи..... | 120 |
| Глава 5. Растительная диагностика садовых культур..... | 124 |
| Заключение..... | 168 |
| Словарь терминов и персоналий (гlossарий)..... | 169 |
| Библиографический список | 171 |

ВВЕДЕНИЕ

Одно из важнейших мест в системе агротехнических мероприятий, обеспечивающих получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур и прогрессивное повышение плодородия почв, принадлежит применению органических и минеральных удобрений. Органические и минеральные удобрения представляют сильное средство воздействия на почву (её химические, физические и биологические свойства) и растения – их питание, рост и развитие, устойчивость к неблагоприятным условиям, урожай и его качество. В совокупности органические и минеральные удобрения составляют основу химизации земледелия.

Разнообразие почв, большинство из которых имеют низкий уровень естественного плодородия, предполагает необходимость разработки систем земледелия, в максимальной степени учитывающих почвенно-экологические условия конкретного региона, то есть отвечающих требованиям адаптивного земледелия. Ключевым звеном этой системы является сбалансированное применение удобрений, базирующееся на знании закономерностей действия всего комплекса почвенно-агрохимических, агроэкологических и агротехнических факторов, определяющих уровень корневого питания и продуктивность растений.

К настоящему времени накоплен значительный практический опыт, свидетельствующий о реальной возможности целенаправленного регулирования условий минерального питания растений для получения продукции заданного качественного состава.

Сегодня на первый план выходит экономическая целесообразность агрохимических мероприятий, доход, который

будет получен с гектара пашни при использовании агротехнологий различной степени интенсивности.

Агрохимические аспекты инновационных или модернизированных агротехнологий предполагают:

- использование для каждой сельскохозяйственной культуры наиболее эффективных форм удобрений;
- оптимизацию доз внесения удобрений;
- оптимизацию сроков и способов использования удобрений;
- выбор эффективного сочетания удобрений, мелиорантов, регуляторов роста растений и средств защиты растений.

Учебное пособие предназначено для закрепления программного материала по дисциплинам «Агрохимия», «Система удобрения полевых и плодовоовощных культур», «Методы агрохимических исследований» и расширения и углубления знаний студентов по вопросам химической мелиорации почв, рационального использования органических и минеральных удобрений в производстве.

ГЛАВА 1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

1.1. Определение, цель и задачи системы удобрения

Ведущей основой повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения их качества является рациональная система удобрения. За счёт применения минеральных удобрений получают не менее 41 % сельскохозяйственной продукции.

Эффективность удобрений определяется как степенью обеспеченности растений элементами питания в отдельные периоды их роста и развития, так и как уровнем почвенного плодородия, поэтому обязательным элементом совершенствования систем удобрения сельскохозяйственных культур является максимально полный учет состояния плодородия почв.

В агрономической практике существуют определения системы удобрения отдельной культуры, севооборота (агроценоза) и хозяйства (района, области, края).

Под системой удобрения отдельной культуры понимают дозы, сроки, формы и способы внесения органических и минеральных удобрений под конкретную культуру. Она планируется исходя из величины планируемой урожайности, учета биологических особенностей, её места в севообороте, агротехники и почвенно-климатических условий.

Система удобрения культур в севообороте (агроценоза) – это план размещения органических и минеральных удобрений под культуры севооборота, с указанием их видов, форм, доз, время и способов внесения под каждую культуру с учетом биологии и предшественника.

Система удобрения хозяйства – это комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических мероприятий по

накоплению и рациональному использованию органических удобрений, приобретению минеральных удобрений, их хранение, строительство складских помещений с учетом конкретных почвенно-климатических и экономических условий хозяйства.

Система удобрения хозяйства состоит из 3 составных частей.

План организационно-хозяйственных мероприятий включает определение объёмов накопления органических удобрений, приобретение минеральных удобрений, организацию их хранения, степень механизации исходя из имеющегося машинно-тракторного парка, организацию оплаты труда.

Второй составной частью являются мероприятия по повышению плодородия почв: известкование, фосфоритование, внесение калийных удобрений в запас, обеспечение бездефицитного баланса гумуса.

Третья составная часть включает план применения удобрений – виды, дозы, формы, сроки и способы внесения органических и минеральных удобрений с учетом содержания питательных веществ в почве и планируемой урожайности.

Цель системы удобрения – удовлетворение потребностей культур в питательных элементах для ежегодного получения максимально возможной агрономической и экономической эффективности и экологической безопасности использования имеющихся природно-экономических ресурсов (удобрений, мелиорантов, почв, культур (сортов), техники и т.д.) каждого хозяйства.

В зависимости от специализации хозяйства, севооборота имеют место три типа системы удобрения:

– минеральная (она используется на полях удаленных от животноводческих помещений, при ограниченном количест-

ве в хозяйстве животных и низкой обеспеченности пашни органическими удобрениями в степных районах);

– органическая (она более трудоёмка, чем минеральная и может быть оправдана лишь для крупных животноводческих хозяйств и птицефабрик, где выход органических удобрений (навоза, помета) часто превышает оптимальную потребность в них сельхозугодий);

– органо-минеральная (в агрохимическом и экономическом аспектах наиболее рациональна, поскольку минеральные и органические удобрения во всех отношениях хорошо дополняют друг друга).

Задачи системы удобрения:

- повышение урожайности всех возделываемых культур и улучшение качества продукции с ростом удобренности посевов до оптимальных уровней;

- устранение различий (выравнивание) в плодородии отдельных полей каждого севооборота при любой обеспеченности удобрениями и оптимизация показателей плодородия почв всех полей при соответствующем росте обеспеченности посевов удобрениями;

- повышение оплаты удобрений прибавками урожаев всех возделываемых культур при любой обеспеченности ими вплоть до оптимальной;

- получение сертифицируемой продукции всех культур при систематическом контроле за изменением агрохимических показателей плодородия почв;

- утилизация отходов животноводства и растениеводства;

- повышение производительности труда всех работников, организационно-хозяйственной и управленческой деятельности специалистов и руководителей;

- постоянное выполнение всё возрастающих требований по охране окружающей среды от загрязнения средствами химизации земледелия [12].

Методы исследований: биологические, аналитические и экономико-математические.

Биологические методы – лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой, экспедиционный.

Вегетационный метод – как метод исследования растений, выращиваемых в сосудах в стеклянных домиках при строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев.

Лизиметрический метод – исследование растений и свойств почвы в поле для изучения баланса влаги и элементов питания.

Полевой метод – как метод проведения полевых опытов и основной метод научной агрономии.

Экспедиционный метод – как метод изучения и обобщения агрохимических вопросов непосредственно на производстве с помощью обследования посевов культур.

Лабораторный метод – как метод, используемый для анализа растений и среды их обитания в лабораторных условиях, для изучения взаимодействий растений с внешней средой, обмена веществ в растениях, оценки качества урожая, исследования физических, химических, микробиологических свойств почвы и т. д.

Лабораторные методы агрохимического анализа растений, почв и удобрений включают химические, биохимические и микробиологические методы, а также метод изотопных индикаторов (стабильные и радиоактивные изотопы). Ведущая роль среди лабораторных методов принадлежит химическому анализу агрономических объектов.

Агрохимический анализ растений проводят в целях:

– оценки качества урожая сельскохозяйственных культур, сертификации продукции растениеводства и кормов;

- оценки изменений химического состава, питательной, кормовой и технологической ценности растениеводческой продукции в зависимости от условий выращивания, в том числе применения удобрений;

- определения размеров выноса элементов питания с урожаем и динамики их потребления в течение вегетации;

- диагностики питания растений и определения потребности в удобрениях;

- изучения использования культурами питательных элементов из удобрений.

Агрохимический анализ почв позволяет:

- оценить обеспеченность растений элементами питания и потребность в удобрениях;

- осуществить мониторинг плодородия и сертификацию почв земельных участков и грунтов;

- изучить изменение агрохимических, агрофизических и биологических свойств почвы при применении удобрений и мелиорантов;

- выявлять изменения содержания питательных веществ в почве и их доступности растениям в зависимости от приемов возделывания и применения удобрений;

- изучать взаимодействие удобрений с почвой.

Агрохимический анализ удобрений даёт возможность:

- оценить качество местных органических удобрений и его изменение в зависимости от условий накопления, хранения и применения;

- определить содержание действующего вещества в минеральных удобрениях и мелиорирующих материалах для проверки их соответствия установленным стандартам и требованиям;

- установить агроэкологическую безопасность органических удобрений;

– производить сертификацию минеральных удобрений.

Агрохимический анализ растений, почв и удобрений позволяет изучить баланс питательных веществ в земледелии и дать научное обоснование регулированию питания сельскохозяйственных культур с помощью удобрений.

В агрохимических исследованиях широко используют математические методы для оценки точности опытов и достоверности полученных результатов, выявления зависимости между удобрениями и урожаем, моделирования процессов поглощения элементов питания растениями, превращения в почве и потерь питательных веществ из почвы и удобрений, прогнозирования изменений почвенного плодородия и потребности в удобрениях, для энергетической и экономической оценки применения удобрений с использованием современной вычислительной техники.

На основе результатов полевых и производственных опытов с обязательной агроэкологической и экономической оценкой изучаемых удобрений и приёмов их внесения даются практические рекомендации производству, которые позволяют эффективно использовать разнообразные местные и промышленные удобрения.

1.2. Факторы, влияющие на эффективность удобрений

Эффективность удобрений, внесённых даже в оптимальных дозах с максимальным учётом биологических потребностей в питательных элементах под любую культуру конкретного сорта, зависит от всего комплекса факторов внешней среды. Всю совокупность факторов внешней среды можно объединить в две основные группы: почвенно-климатические (природные) и агротехнические (антропогенные).

Почвенные условия

Зная о влиянии свойств почвы и погодных условий каждого года на рост и развитие растений, трансформацию и

транслокацию различных удобрений можно прогнозировать изменение эффективности не только всевозможных удобрительных, но и любых других средств химизации.

В пределах конкретного типа и подтипа эффективность удобрений зависит от гранулометрического состава почвы. Чем беднее почвы (более лёгкого гранулометрического состава), тем больше относительные прибавки в % от удобрений, хотя абсолютные прибавки (в ц/га) на более *плодородных* (окультуренных) почвах часто даже выше, чем на менее плодородной.

На лёгких почв по гранулометрическому составу, как правило, возрастает эффективность азотных, калийных и микроудобрений, а на тяжёлых – фосфорных удобрений. В первом случае это связано с более лёгкой вымываемостью элементов, во втором – с большим закреплением фосфора в труднодоступные соединения. Лёгкие почвы нуждаются в более высоких дозах органических удобрений, а тяжёлые – в минеральных.

Эффективность всех видов удобрений под всеми культурами значительно возрастает при нейтрализации кислых (и щелочных) почв и достигает максимума при оптимальной для возделываемых культур реакции. По данным З.И. Журбицкого [11] даже небольшое подкисление и повышение содержания подвижного алюминия до 2-4 мг/100 г почвы приводит к снижению урожайности овощных культур на 50-70 %.

Эффективность удобрений в значительной степени определяется типом почв. Азотные удобрения наиболее сильно действуют на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, а также на лёгких пойменных. На богатых органическим веществом и общим азотом луговых и лугово-болотных почвах эффективность азотных удобрений снижается (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность азотных удобрений
на различных почвах Нечернозёмной зоны [3]

| Почва | Гумус, % | Средние прибавки урожаев от азотных удобрений, % | | | | | | | |
|--|-------------|--|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|-------|-----|
| | | капуста поздняя | капуста цветная | Свёкла столовая | морковь столовая | редис | огурец | томат | лук |
| Дерново-подзолистая окультуренная | 2,3 | 33 | 54 | 29 | 10 | 36 | 22 | 7 | - |
| Аллювиальная дерновая супесчаная | 3,0 | 31 | 31 | 21 | 10 | 22 | 6 | - | - |
| Аллювиальная луговая среднесуглинистая | 3,7 | 14 | 40 | 18 | 2 | 4 | - | - | - |
| Торфяно-перегнойно-глеевая | 8,4 | 12 | 0 | 18 | 0 | - | 16 | 11 | 13 |

Фосфорные удобрения наибольшее влияние на урожайность овощных культур оказывают на дерново-подзолистых, лугово-болотных ожелезнённых почвах и низинных торфяниках (табл. 2). На плодовых культурах устойчивое положительное действие фосфорных удобрений проявляется на дерново-подзолистых почвах и несколько снижается на выщелоченных и карбонатных чернозёмах.

Таблица 2

Эффективность фосфорных удобрений
на различных почвах Нечернозёмной зоны [3]

| Почва | P ₂ O ₅ , мг/кг | Средние прибавки урожаев от фосфорных удобрений, % | | | | | | | |
|--|--|--|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|-------|-----|
| | | капуста поздняя | капуста цветная | свёкла столовая | морковь столовая | редис | огурец | томат | лук |
| Дерново-подзолистая окультуренная | 200 | 6 | 23 | 10 | 2 | 7 | - | - | - |
| Аллювиальная дерновая супесчаная | 250 | 0 | 7 | 5 | 9 | 3 | - | - | - |
| Аллювиальная луговая среднесуглинистая | 19 | 5 | 13 | 11 | 7 | 9 | 0 | - | - |
| Лугово-болотная оторфованная и торфяники | 5 | 32 | - | 13 | 8 | - | - | - | - |

Калийные удобрения на овощных и плодовых культурах наиболее эффективны на дерново-подзолистых почвах лёгкого гранулометрического состава и торфяных, слабое влияние их проявляется на типичных, обыкновенных и южных чернозёмах (табл. 3).

Таблица 3

Эффективность калийных удобрений на различных почвах Нечернозёмной зоны [3]

| Почва | K ₂ O, мг/кг | Средние прибавки урожая от фосфорных удобрений, % | | | | | | | |
|--|----------------------------|--|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|-------|-----|
| | | капуста поздняя | капуста цветная | свёкла столовая | морковь столовая | редис | огурец | томат | лук |
| Дерново- подзолистая окультуренная | 150 | 16 | 19 | 29 | 13 | 18 | 31 | - | - |
| Аллювиальная дерновая супесчаная | 120 | 6 | 12 | 18 | 17 | 15 | - | - | - |
| Аллювиальная луговая среднесуглинистая | 120 | 13 | 7 | 24 | 12 | 16 | - | 5 | - |
| Лугово-болотная оторфованная и торфяники | 140 | 33 | - | 14 | 34 | - | - | - | - |

Эффективность каждого вида удобрений при прочих равных условиях снижается с ростом обеспеченности почв усвояемыми для растений формами соответствующих элементов и, как правило, исчезает на всех разностях при высокой или очень высокой (5-6 класс), а нередко и при более низкой обеспеченности ими.

Климатические и погодные условия

По данным Института экспериментальной метеорологии изменчивость погодно-климатических условий обеспечивает колебание эффективности удобрений в Нечернозёмной зоне до 25-60 %. В общем комплексе факторов, определяющих эффективность удобрений, основными являются уровень

светового питания растений, температура и влажность почвы и воздуха.

Чем выше уровень обеспеченности солнечной энергией при нормальной влагообеспеченности, тем больше синтезируется углеводов в растениях и тем больше питательных элементов они способны усвоить (табл. 4).

Температура почвы определяет темпы трансформации питательных элементов в ней и поглощение растениями питательных элементов. При температуре 8-10°C уменьшается поступление, передвижение и включение в обмен веществ нитратного азота и фосфора, а при температуре 5-6°C и ниже потребление корнями этих (и других) элементов резко снижается (см. табл. 3). С повышением температуры с 10 до 25°C возрастают мобилизация и поглощение растениями в почве питательных элементов почвы и удобрений. Оптимальная температура днём 23-25°C соответствует 14-16°C средних суточных температур.

Таблица 4

Влияние интенсивности освещения и температуры почвы на прирост сухого вещества и поглощение калия яблоней по Фаусту (цит. по Дерюгину И.П., [10])

| Интенсивность освещения | t° в зоне корня, °C | Прирост сухой фитомассы, г/дерево | Поступление, мг/дерево K ⁺ |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Высокая | 18 | 28,1 | 416 |
| Высокая | 8 | 18,5 | 195 |
| Низкая | 18 | 15,7 | 309 |
| Низкая | 8 | 9,6 | 154 |

Свет влияет на питание растений не только через фотосинтез, но и через транспирацию, которая определяется солнечной радиацией, влажностью и температурой воздуха. С повышением влажности воздуха возрастает устойчивость растений к росту концентрации питательных растворов.

С увеличением влажности до 80 % полной влагоёмкости на почвах с объёмной массой 1,2-1,3 г/см³ и до 70 % на более плотных почвах (1,5-1,6 г/см³) эффект от удобрений возрастает. Увеличение засушливости климата на каждые 10 % снижают эффективность удобрений на овощных культурах на 15 %.

Снижение влажности резко снижает поступление калия и кальция, что в свою очередь влияет на прирост сухой фитомассы (табл. 5).

Таблица 5

Влияние влажности почвы на прирост сухой массы и поступление калия и кальция у яблони на подвое ММ 106 по Тромпу (цит. по Дерюгину И.П. [10])

| Влажность | Прирост сухой фитомассы, г/дерево | Поступление, мг/дерево | |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------|
| | | K ⁺ | Ca ²⁺ |
| Нормальная (70% НВ) | 18,2 | 226 | 260 |
| Полусухая | 4,7 | 50 | 99 |
| Сухая | 3,8 | 38 | 78 |

Избыток влаги обуславливает миграцию питательных элементов. Из удобрений и почв выщелачивается кальций, сера, магний, азот, углерод, натрий, калий и другие элементы, но меньше всего фосфор, как наименее подвижный элемент, причём максимально эти процессы происходят в весенние паводки и после уборки урожая осенью.

На суглинистых и супесчаных почвах Нечерноземья при насыщенности удобрениями N₆₀P₆₀K₆₀ атмосферными осадками вымывается соответственно: до 50 и 70-120 кг/га кальция, 3-7 и 10-15 – магния, 14 и 25 – серы, 7 и 10-12 – калия, 1-6 и 14-18 кг/га – азота.

Совместное применение разных видов удобрений обладает наибольшей стабильностью (варьирование 30-45 %), а эффективность отдельных удобрений под влиянием погодных условий варьирует более значительно: азотных – до 50 %, фосфорных – до 65 % и калийных – до 75 %.

Квалифицированное применение удобрений ослабляет отрицательное влияние неблагоприятных погодных условий на продуктивность возделываемых культур, в частности, при нормальном увлажнении снижает на 20-30 % затраты воды на каждую единицу продукции.

Агротехнические условия

Обработка почвы, её сроки, способы и глубина заделки удобрений, мелиорантов и семян растений, борьба с болезнями, вредителями и сорняками (видовой и сортовой состав) и чередование культур, виды, дозы, комбинации видов и способов применения удобрений и мелиорантов – все эти агротехнические факторы существенно влияют на водно-воздушный, температурный и пищевой режимы почв и, следовательно, на эффективность удобрений.

Основная задача комплекса приёмов внесения удобрений – обеспечить для растений оптимальные условия питания. При выборе приёмов внесения удобрений необходимо знать потребность культур в отдельных элементах по фазам роста и размещение их в зоне наибольшего соприкосновения с корневой системой. При разных способах обработки почвы различными орудиями распределение удобрений по профилю обрабатываемого слоя происходит неодинаково (табл. 6).

Таблица 6

Распределение удобрений в пахотном слое почвы
в зависимости от способа заделки, %, [1]

| Глубина пахотного слоя, см | Способ заделки | | | | |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|--------|------------------------|
| | легкой бороной | тяжёлой бороной | тяжёлым культиватором | плугом | плугом с предплужником |
| 0–3 | 98 | 75 | 55 | 11 | 3 |
| 3–6 | 2 | 22 | 21 | 12 | 4 |
| 6–9 | – | 3 | 23 | 16 | 12 |
| 9–12 | – | – | 1 | 16 | 14 |
| 12–15 | – | – | – | 23 | 20 |
| 15–20 | – | – | – | 22 | 47 |

Надо иметь в виду, что подвижность фосфорных и калийных удобрений в почве слабая, они закрепляются почвой и обычно остаются в слое, куда вносились. При мелкой заделке этих удобрений (под борону или мелкую предпосевную культивацию) растения плохо используют питательные вещества удобрений, так как верхний слой почвы подсыхает, что приводит к отмиранию мелких корней и корневых волосков. Размещение удобрений оказывает значительное влияние на распространение корней.

Отдельные питательные вещества влияют по-разному на развитие корневой системы. Калий почти не оказывает влияние. Азот, прежде всего аммонийный и фосфор приводят к сильному корнеобразованию в местах повышенных концентраций этих элементов, но тормозят рост главного корня. Кальций, напротив, усиливает рост главного корня. Поэтому применение азотных удобрений в высоких дозах весной и заделка их на небольшую глубину может привести к ограничению роста корней в длину и нарушению снабжения растений водой. Всё это серьёзно нарушает питание растений и снижает эффективность удобрений.

Наивысший эффект под всеми культурами достигается при локальном внесении удобрений на желаемую глубину, обычно не менее 8-10 см для тяжёлых и 12-15 см – для лёгких по гранулометрическому составу почв.

В связи с этим большого внимания и внедрения в производство заслуживает локальный способ внесения удобрений, при котором неравномерность распределения их не превышает 8-10 %. По сравнению с разбросным внесением удобрений с последующей заделкой их в почву коэффициенты использования азота и калия при локальном внесении возрастают на 10-15 %, фосфора – на 5-10 %, а водопотребление

растений на единицу продукции снижается на 10-15 %, в 2-3 раза снижается засорённость.

По обобщённым, более чем за 20 лет в ВИУА данным, урожаи всех культур за счёт локализации равных доз удобрений, по сравнению с разбросным внесением, возрастают в среднем на 25-40 %, причём наиболее значительно под интенсивными сортами возделываемых культур. В связи с повышением коэффициентов использования из минеральных удобрений при локальном внесении, дозы их можно уменьшать на 25-50 %, по сравнению с разбросным внесением без снижения урожайности, то есть не менее чем в 2 раза повышать удобряемую площадь и эффективность применяемых удобрений.

Локализация удобрений на связанных суглинистых почвах более эффективна, чем на песчаных и супесчаных, особенно в засушливые годы. Эффект от внутрипочвенного внесения минеральных удобрений падает с повышением плодородия почв. Однако внутрипочвенное внесение одного из видов удобрений на фоне поверхностного внесения других видов может привести к снижению урожая. На почвах высокообеспеченных фосфором и калием эффективна локализация азотных удобрений. Локальное внесение удобрений может осуществляться до посева (посадки), при посеве (посадке) и после посева при прикорневой подкормке во время вегетации растений.

Эффективность удобрений зависит и от времени основной обработки почвы; особенно это важно для азотных удобрений, так как при поздней зяблевой обработке минерализация корневых и пожнивных остатков предшественников и органического вещества почв из-за кратковременности периода минимальна, и на таком фоне значительно возрастает эффективность азотных удобрений.

Эффект от удобрений изменяется от нормы высева семян, их качества и густоты стояния растений, то есть от площади питания каждого растения. Оптимальные нормы высева семян и густоты стояния растений указаны в растениеводческих справочниках и зависят от окультуренности (плодородия) почв, а в пределах даже одного вида растения на одной и той же почве колеблются в зависимости от сортов, устойчивости к полеганию и качества посевного материала. Переход от высококлассных семян элитных сортов к менее качественным при прочих равных условиях значительно снижает эффективность удобрений.

Качественное и своевременное проведение работ до посева, при посеве, в период вегетации и уборки урожаев, также значительно повышает эффективность удобрений. Создание с помощью мелиорантов и удобрений оптимальных условий питания растений заметно повышает устойчивость их ко всем неблагоприятным факторам в период вегетации, в частности, к болезням, вредителям и сорнякам. Например, известковые и азотные удобрения снижают в два раза поражаемость ранней капусты килой. Совместное внесение под морковь фосфорно-калийных удобрений или усиленное фосфорно-калийное питание на фоне умеренных доз азота в большинстве случаев повышают устойчивость корнеплодов к заболеванию склеротинией, фомозом. Минеральные удобрения отдельно, и в сочетании с органическими, повышают устойчивость картофеля к фитофторозу, ризоктониозу и парше обыкновенной, хотя последняя появляется чаще при известковании почв, но может подавляться борными удобрениями.

Удобрения, естественно, не снимают необходимости защиты растений биологическими, химическими и агротехническими средствами.

Велика роль и химических средств защиты растений в повышении эффективности удобрений под разными культурами во всех почвенно-климатических зонах.

Трудно переоценить роль гербицидов в борьбе с сорняками и повышении эффективности удобрений. Известно, что засорённость посевов существенно снижает урожай возделываемых культур, так как сорняки гораздо быстрее, чем культурные растения используют улучшение условий питания, что приводит, если не бороться с ними, к резкому снижению эффективности удобрений.

Эффективность удобрений зависит от вида и урожайности предшественников удобряемых культур, а также состава и существующего чередования культур во времени и пространстве, то есть севооборотов. Многие культуры обладают биологической способностью усваивать питательные вещества из труднодоступных соединений: все бобовые культуры в симбиозе с клубеньковыми бактериями способны обеспечить собственные потребности в азоте на 50 – 95 % (в зависимости от вида и длительности возделывания) за счёт запасов его в атмосфере, а люпины, гречиха, горчица, горох усваивают фосфор из труднодоступных трёхзамещённых фосфатов почв и удобрений. После минерализации корневых и пожнивных остатков этих (и других) культур, содержащиеся в них питательные элементы становятся доступными для следующих за ними культур, не обладающих подобными биологическими способностями.

Другой причиной более высокой эффективности удобрений под всеми культурами в севооборотах является существенное улучшение фитосанитарной обстановки посевов всех культур. В севооборотах и при чередовании разных культур создаются лучшие условия для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями возделываемых растений.

По мере совершенствования агротехники возделывания культур под влиянием удобрений возрастают урожаи их не только в севооборотах, но и в бессменных посевах, причём не только на бедных, но и на окультуренных почвах. Важно и то, что разные культуры неодинаково реагируют на удобрения, возделывание в севооборотах и сочетания этих факторов. По обобщённым данным у зерновых культур более 55 % прибавки урожаев обусловлено севооборотами и только 32-36 % удобрениями, а у пропашных – напротив, 55-81 % обеспечивают удобрения и только 6-22 % – возделывание их в севооборотах, следовательно, последние следует размещать в прифермских севооборотах, смело практиковать повторные посевы их и возделывание в выводных полях. Это обстоятельство очень важно в связи со специализацией сельскохозяйственного производства во всех категориях хозяйств.

В условиях недостаточного увлажнения чистые пары в севооборотах улучшают влагообеспеченность, усиливают минерализацию органического вещества и облегчают борьбу с сорняками, поэтому на культурах, следующими по ним возрастает эффективность фосфорно-калийных и органических удобрений и снижается – азотных. По занятым парам эффективность всех удобрений, как правило, выше, чем по чистым.

По пласту и обороту пласта многолетних трав эффективность органических и азотных удобрений снижается, а фосфорно-калийных – возрастает.

Контрольные вопросы и задания:

1. Сформулируйте определение, цель и задачи системы удобрения. 2. Перечислите почвенные показатели, влияющие на эффективность удобрений и способы их регулирования. 3. Какова роль гранулометрического состава и окультуренности почв в повышении эффективности удобрений? 4. Перечислите климатические факторы, влияющие на эффективность удобрений и способы их регулирования. 5. Какие агротехнические условия влияют на эффективность удобрений? 6. В чём состоит значение севооборота и предшественника при использовании удобрений. 7. Как изменяется эффективность удобрений при разбросном и локальном, ежегодном и периодическом способе внесения и заделки их? 8. Как влияют сроки внесения и глубина заделки разных удобрений и мелиорантов на их эффективность?

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

В агрономической практике существуют понятия – оптимальная, максимальная и минимальная доза.

Оптимальная доза удобрений – должна обеспечивать максимальную окупаемость вносимых удобрений прибавкой урожайности хорошего качества удобряемой культуры с одновременным максимально возможным регулированием показателей плодородия почвы в сторону оптимизации.

Максимальная доза удобрений – должна быть экономически оправданной, обеспечивать максимальную урожайность хорошего качества удобряемой культуры с одновременной оптимизацией плодородия почвы и соблюдением требований охраны окружающей среды.

Минимальные дозы макроудобрений (10 кг/га д.в. при локальном или 20 кг/га д.в. при разбросном внесении) применяют всегда для припосевного (рядкового) внесения и иногда (при очень ограниченных ресурсах) в подкормки.

Определение оптимальных доз минеральных удобрений – один из наиболее сложных вопросов современной агрономической науки и практики химизации. В этом вопросе отражается не только вся сложность взаимоотношений между растением, удобрением, почвой и погодой, но и сложность определения экономической эффективности тех или иных доз. Основными условиями, определяющими выбор оптимальной дозы удобрений, являются:

- общая потребность данного растения в питательных веществах, зависящая от высоты урожая (с учетом его качества) и условий произрастания растений;

- возможное использование растениями питательных веществ почвы;

- коэффициент использования растениями питательных веществ минеральных и органических удобрений;
- экономические и организационно-хозяйственные условия, определяющие экономическую эффективность тех или иных доз удобрений;
- техника внесения удобрения.

В арсенале агрономической науки существует немало разработанных наукой методов оптимизации применения удобрений.

Всё существующее множество методов и модификаций определения доз удобрений принципиально можно разделить на 2 большие группы:

- методы обобщения результатов опытов с эмпирическими дозами удобрений;
- методы обобщения результатов опытов с помощью расчётов и результатов балансов питательных элементов.

Первое направление обосновано Д.Н. Прянишниковым, А.Н. Лебеядцевым, А.В. Соколовым и др. В качестве основы для установления доз удобрений они за основу принимали непосредственно результаты полевых опытов.

Второе направление зародилось под влиянием идей К.А. Тимирязева, говорившего о необходимости «спрашивать мнение самого растения». В этом направлении работали З.И. Журбицкий, А.М. Надежкина и др. При использовании данного метода за основу принимают потребность растений в элементах питания с учётом количества доступных растениям элементов питания в почве, на которой они будут выращиваться.

Следует подчеркнуть, что в обеих группах существуют расчётные методы и модификации с моделированием и применением электронной техники, основанные на определении производных функций в системе «почва – удобрение – урожай».

2.1. Методы, основанные на обобщении данных с эмпирическими дозами удобрений

Под методическим руководством Географической сети опытов ВИУА во всех почвенно-климатических зонах на основании полевых опытов с разными культурами установлены рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений для основных культур на различных типах, подтипах и разностях почв (табл. 7).

Таблица 7

Рекомендуемые средние дозы удобрений под основные овощные культуры на дерново-подзолистых почвах в зависимости от уровня планируемых урожаев* [7]

| Планируемая урожайность ц/га | Органические удобрения, т/га | Минеральные удобрения, кг/га | | |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Капуста белокочанная среднепоздняя и поздняя | | | | |
| 300 | 60 | 80 | 60 | 120 |
| 400 | 60 | 110 | 80 | 140 |
| 500 | 60 | 140 | 100 | 160 |
| Капуста белокочанная ранняя | | | | |
| 250 | - | 90 | 60 | 90 |
| 300 | - | 110 | 80 | 110 |
| 350 | - | 130 | 100 | 130 |
| Капуста цветная | | | | |
| 100 | 40 | 100 | 80 | 110 |
| 150 | 40 | 130 | 100 | 140 |
| 200 | 40 | 160 | 120 | 170 |
| Морковь столовая | | | | |
| 200 | - | 40 | 50 | 80 |
| 300 | - | 70 | 70 | 90 |
| 400 | - | 90 | 80 | 110 |
| Столовая свёкла | | | | |
| 200 | - | 60 | 50 | 90 |
| 300 | - | 90 | 70 | 120 |
| 400 | - | 130 | 100 | 150 |
| Картофель | | | | |
| 100-120 | 30 | 60-90 | 60 | 90 |
| 120-150 | 60 | 90-120 | 90 | 120 |
| 150-180 | 90 | 120-150 | 120 | 150 |
| 180-250 | 90 | 150-180 | 150 | 180 |
| Лук | | | | |
| 100 | 40 | 60 | 60 | 90 |

Продолжение таблицы 7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----|-----|-----|-----|
| 150 | 40 | 80 | 80 | 100 |
| 200 | 40 | 100 | 90 | 110 |
| Томат | | | | |
| 100 | – | 50 | 110 | 70 |
| 150 | – | 70 | 150 | 90 |
| 200 | – | 90 | 150 | 120 |
| Огурец | | | | |
| 100 | 80 | 40 | 70 | 90 |
| 150 | 80 | 60 | 80 | 100 |
| 200 | 80 | 90 | 90 | 120 |

*– дозы приведены для почв при средней обеспеченности элементами питания

Систематическое агрохимическое обследование почв, проводимое с 1965 года во всех хозяйствах, выявило существующую неоднородность (пестроту) агрохимических показателей в пределах не только типов, подтипов и разностей почв, а часто и одного поля, или даже участка поля. Эти обстоятельства обусловили необходимость практического учёта имеющихся различий при классификации почв по этим показателям.

Для уточнения рекомендуемых доз на основании полевых были разработаны поправочные коэффициенты, учитывающие степень обеспеченности почв подвижными соединениями питательных веществ (табл. 8).

Таблица 8

Группировка почв по содержанию элементов питания для овощных культур, мг/кг абсолютно сухой почвы [8]

| Элемент питания | Почвы | Обеспеченность почв элементами группа питания. | | | |
|--|----------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | 2 кл. (низкая) | 3 кл. (средняя) | 4 кл. (повышенная) | 5 кл. (высокая) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| N-NH ₄ + N-NO ₃ | Дерново-подзолистые | <30 | 30-50 | 50-80 | >80 |
| | Минерально-пойменные | <50 | 50-70 | 70-100 | >100 |
| P ₂ O ₅ (по Кирсанову) | Дерново-подзолистые | <100 | 100-150 | 150-250 | >250 |
| | Минерально-пойменные | <130 | 130-200 | 200-300 | >300 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------|----------------------|------|---------|---------|------|
| K ₂ O (по Кирсанову) | Дерново-подзолистые | <120 | 120-170 | 170-250 | >250 |
| | Минерально-пойменные | <130 | 130-200 | 200-300 | >300 |

Доза удобрений вычисляется по формуле: $D = N \times K$, где D – доза N, P₂O₅, K₂O, кг/га д.в.; N – средняя рекомендуемая доза для культуры; K – поправочный коэффициент на плодородие (класс) почвы по обеспеченности фосфором и калием; при расчётах доз азота $K_1 = 1$. Средняя доза удобрения принята за единицу для овощных с повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия в почве (табл. 9).

Таблица 9

Примерные поправочные коэффициенты (K_1) к средним дозам удобрений для овощных культур в зависимости от содержания фосфора и калия на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, [8]

| Содержание подвижного фосфора и калия | Фосфорные удобрения | Калийные удобрения |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Очень низкое | 1,7** | 2,0* |
| Низкое | 1,5 | 1,5 |
| Среднее | 1,3 | 1,3 |
| Повышенное | 1,0 | 1,0 |
| Высокое | 0,7 | 0,7 |
| Очень высокое | Рядковое | Не вносят |

* – Для азотных удобрений $K=1$ независимо от содержания фосфора и калия в почве

** – Без предварительного окультуривания получение урожая не обеспечено

При возделывании культур на более бедной (менее окультуренной), чем средний класс почве, поправочный коэффициент должен быть больше 1, чтобы не только обеспечить культуру, но одновременно повысить обеспеченность почвы этим элементом, а на более плодородной, чем средний класс – меньше 1, с целью частичного использования почвенного изобилия по этому элементу.

При изменении на 1 класс доза соответствующего удобрения в среднем для всех культур должна изменяться на 20-30 %,

то есть для почвы, беднее средней для конкретной культуры на 1 класс, поправочный коэффициент должен быть 1,2 - 1,3, на 2 класса – 1,4 - 1,6 и т.д.; для почвы, богаче средней на 1 класс – 0,8 - 0,7, на 2 класса – 0,6 - 0,4 и т.д.

Применение поправочных коэффициентов к рекомендуемым дозам удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях устраняет грубые ошибки в применении удобрений и, тем самым, повышает их агрономическую и экономическую эффективность.

На основании обобщений результатов опытов разработаны также лучшие сроки, и способы внесения удобрений до посева, при посеве и после посева для разных культур во всех почвенно-климатических зонах.

Следующим направлением первой группы методов является разработка математических моделей с использованием электронной техники для определения оптимальных доз удобрений под культуры с учётом многофункциональной зависимости урожайности от ряда факторов внешней среды по общей формуле:

$$Y = f(X_n),$$

где Y – урожайность, X_n – переменные факторы, влияющие на урожайность (дозы и соотношения удобрений, мелиорантов, агрохимические показатели и гранулометрический состав почвы, погодные условия, сортовые особенности, предшественники и уровень их удобренности и т.д.). В ЦИНАО, была разработана программа «РАДОЗ» (аббревиатура от слов «рациональные дозы»), которая в последующем модернизировалась в РАДОЗ-2, а позднее в РАДОЗ-3. В каждой последующей программе к уже имевшимся добавлялось всё большее число факторов, влияющих на урожайность культур.

Практическое применение любого из перечисленных и других возможных направлений и модификаций первой груп-

пы методов позволяет избежать грубых ошибок в применении удобрений, но при этом следует помнить, что все они определены эмпирически и не дают ответов на вопросы о том, насколько при этом учтены биологические потребности возделываемых культур в питательных элементах и как могут измениться при этой системе удобрения агрохимические показатели плодородия почвы. Именно по этим причинам наряду с первой существует и вторая группа методов определения оптимальных доз удобрений.

2.2. Балансовые методы

В этой группе методов за основу определения оптимальных доз удобрений принимаются биологические потребности в питательных элементах культур (и сортов) для создания плановых (и возможных) уровней урожайности хорошего качества с учётом состояния (и перспектив) агрохимических показателей плодородия почв в конкретных природно-экономических условиях.

Эта группа методов наиболее приемлема для регионов, где лимитирующим фактором получения высоких и устойчивых урожаев является не влагообеспеченность, а недостаток питательных элементов в почвах при обеспеченности посевов органическими и минеральными удобрениями не менее 100 – 150 кг/га д.в.

Существует много разных балансовых методов и модификаций определения оптимальных доз удобрений, которые опубликованы в различных учебниках по агрохимии.

Балансовый метод на планируемую урожайность – наиболее распространённый и наименее надёжный (точный) метод, так как здесь применяют максимально колеблющиеся под влиянием многих факторов коэффициенты использования элементов почвы (КИП) и разностные коэффициенты ис-

пользования удобрений (K_p). Дозу удобрений этим методом можно рассчитать по формуле:

$$D = (B_y - Z \times \text{КИП}) : K_p,$$

где D – доза N , P_2O_5 и K_2O , кг/га д.в., B_y – хозяйственный вынос элемента с плановым урожаем, кг/га; Z – запас (содержание) подвижных форм элемента в почве, кг/га; КИП – коэффициент использования элемента из почвы (этот и все другие коэффициенты выражены в долях от единицы: при 10% - 0,1; 30% - 0,3 и т.д.); K_p – разностный коэффициент использования питательных веществ из удобрений (в долях единицы).

При внесении органических удобрений и использовании припосевного удобрения расчёты проводят по следующей формуле:

$$D = \frac{B_y - Z \times \text{КИП} - O \times K_o - П \times K_n - P \times K_p}{K_p},$$

где D – доза N , P_2O_5 и K_2O , кг/га д.в., B_y – хозяйственный вынос элемента с плановым урожаем, кг/га; Z – запас (содержание) подвижных форм элемента в почве, кг/га; КИП – коэффициент использования элемента из почвы; O – количество элемента в органическом удобрении (кг/га); K_o – разностный коэффициент использования питательных веществ из навоза с учётом года действия; $П$ – удобрение или содержание элемента в послеуборочных остатках предшественника, кг/га; K_n – разностный коэффициент использования его с учётом года действия; P – припосевное (рядковое) удобрение, кг/га; K_p – разностный коэффициент использования: в числителе при рядковом (припосевном), в знаменателе – при допосевном и послепосевном внесении удобрения.

Овощные культуры сильно отличаются между собой по способности усваивать питательные вещества из почвы и удобрений (табл. 10)

В связи с отсутствием картограмм по азоту для уточнения доз азотных удобрений можно использовать текущую нитрифика-

цию, которая показывает, сколько азота может использоваться из почвы в течение вегетационного периода (табл. 11).

Таблица 10

Коэффициенты использования питательных веществ овощными культурами в условиях Нечернозёмной зоны [5]

| Культура | Из почвы, % | | | Из минеральных удобрений, % | | | Из органических удобрений, % | | |
|------------------|-------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Капуста ранняя | 50 | 10 | 35 | 42 | 9 | 25 | - | - | - |
| Капуста поздняя | 58 | 15 | 60 | 70 | 25 | 35 | 26 | 17 | 49 |
| Капуста цветная | 38 | 7 | 54 | 83 | 57 | 65 | 55* | 28* | 81* |
| Брокколи | 29 | 5 | 51 | 35 | 9 | 63 | 57* | 51* | 90* |
| Кольраби | 33 | 6 | 18 | 45 | 21 | 38 | - | - | - |
| Морковь столовая | 55 | 15 | 50 | 55 | 9 | 55 | 11 | 12 | 47 |
| Свёкла столовая | 60 | 23 | 55 | 85 | 35 | 65 | 36 | 35 | 57 |
| Редис | 10 | 3 | 6 | 6 | 3 | 10 | - | - | - |
| Кабачок | 38 | 31 | 47 | 29 | 16 | 41 | 44* | 33* | 66* |
| Патиссон | 34 | 37 | 46 | 20 | 14 | 16 | 41* | 38* | 73* |
| Редька | 34 | 7 | 35 | 65 | 19 | 24 | 60* | 10* | 60* |
| Репа | 15 | 4 | 22 | 51 | 17 | 71 | 35* | 26* | 65* |
| Дайкон | 39 | 11 | 74 | 75 | 11 | 74 | 60* | 27* | 90* |
| Брюква | 45 | 10 | 46 | 64 | 25 | 80 | 80* | 70* | 90* |
| Огурец | 50 | 8 | 30 | 30 | 8 | 30 | 40* | 16* | 43* |

* - Органические удобрения в виде биогумуса

Таблица 11

Величина текущей нитрификации (N_т) в почвах Предуралья под пропашными культурами, кг/га, [18]

| Значение рН (сол.) | Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, содержание гумуса 2,5-3,0 % | Серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса 4,0-8,0 % | Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый, содержание гумуса 9-12 % |
|--------------------|--|---|---|
| 4,0-4,5 | 25-30 | — | — |
| 4,6-5,0 | 30-35 | 35-40 | 35-40 |
| 5,1-5,5 | 35-40 | 45-50 | 45-55 |
| 5,6-6,0 | 45-55 | 50-60 | 55-65 |
| > 6,1 | 56-60 | 60-65 | 65-70 |

Метод расчёта на плановую прибавку урожая – метод более надёжный (точный) по сравнению с предыдущим, так как здесь обеспеченность почв питательными элементами учитывают с помощью поправочных коэффициентов к дозам, которые колеблются в зависимости от разных факторов значительно меньше, чем КИП. В этом методе нужно знать возможный урожай без удобрений, который надёжнее всего определять по многолетним данным опытов с удобрениями. Расчёты проводят по следующей формуле:

$$D = \frac{Vn - O \times Ko - П \times Kn - P \times Kp}{Kp},$$

где Vn – вынос элементов питания плановой прибавкой, кг/га. Остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

В зависимости от обеспеченности (класса) почвы питательными элементами элементом вводят поправочный коэффициент к дозе. Тогда расчёты проводят по следующей формуле:

$$D = \frac{Vn - O \times Ko - П \times Kn - P \times Kp}{Kp} \times K_{non},$$

где K_{non} – поправочный коэффициент к дозе в зависимости от обеспеченности (класса) почвы этим элементом, остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

Приведенные выше методы расчета доз удобрений на запрограммированный урожай основываются на большом количестве переменных. Правильно рассчитанная доза в значительной степени отвечает биологическим особенностям культуры в потреблении элементов питания.

2.3. Определение доз минеральных удобрений при их ограниченных ресурсах

При очень ограниченных ресурсах возможны как минимум два варианта: всем культурам равномерно, или выделение для наиболее выгодной культуры нужного количества для по-

лучения плановой (максимальной) урожайности, а остаток (если он будет) для другой (или других) культуры.

Если для первого варианта оптимальные дозы удобрений можно установить по рекомендациям, то для второго – под выгодную культуру необходимы балансовые методы, а под остальные – рекомендуемые дозы. При использовании первого варианта дозы минеральных удобрений определяют по рекомендациям научных учреждений региона (или области), причем начинают с оптимальных доз припосевного (припосадочного) удобрения (обычно 10-30 кг/га д.в. фосфорных или фосфорно-азотных) под все возделываемые культуры. Остальные удобрения (если они есть) следует дать в виде азотных подкормок; дозы их должны быть не менее 20 кг/га д.в. Эта доза (20 кг/га д.в.) любых минеральных макроудобрений при допосевном (основном) и послепосевном (подкормки) внесении является минимальной, экономически оправданной дозой. Если и после этого осталась часть удобрений, её следует отдать экономически наиболее выгодной (конъюнктурной) культуре, причем в зависимости от количества удобрений дозы под неё следует устанавливать по рекомендациям или с использованием балансовых расчетов.

Разрабатывая систему удобрения сельскохозяйственных культур, независимо от выбранного варианта, необходимо учитывать основные законы земледелия и растениеводства.

1. Закон физиологической равнозначимости факторов. Это значит, все жизненные факторы по своему действию равны и ни один из факторов не может заменён другим.

2. Закон совокупного действия факторов. Жизненные факторы действуют на растение не изолированно. Для получения высокой урожайности необходимо определённое сочетание их.

3. Закон ограничивающего фактора или закон минимума. Развитие растения и его урожайность ограничивается тем фактором, который окажется в минимуме. При устранении этого минимума урожайность будет возрастать до тех пор, пока в дефиците не окажется другой фактор. Лишь при оптимальном воздействии каждого фактора продуктивность растений повышается.

4. Закон возврата. Для поддержания эффективности плодородия почвы необходимо вносить в неё питательные вещества потребляемые растениями на создание урожайности.

Все эти законы необходимо соблюдать на протяжении всей жизни растений.

Накопление и анализ большого количества опытных данных позволяют с применением ЭВМ обосновать зависимость действия удобрений от условий внешней среды и дифференцировать дозы удобрений под программированные урожаи. В основу дифференцированных доз положены все главные факторы, определяющие эффективность удобрений, баланс питательных веществ на почвах с различной обеспеченностью NPK.

Контрольные вопросы и задания:

1. Что означает оптимальная доза удобрений? 2. Какие данные полевых опытов, почвенных карт и агрохимических картограмм используются для разработки системы удобрения? 3. Расскажите о классификации методов определения оптимальных доз удобрений. 4. Расскажите об основах расчёта доз удобрений методом уточнения средних рекомендуемых доз с введением поправочных коэффициентов на обеспеченность почв. 5. Что лежит в основе расчета доз удобрений на дополнительный урожай. 6. Расскажите об основах расчета доз удобрений на планируемую урожайность с учётом коэффициентов использования растениями элементов питания из почвы и удобрений. 7. В чём состоит достоинство и недостаток различных методов расчёта доз удобрений. 8. Какова методика определения доз минеральных удобрений в агроценозе при их ограниченных ресурсах?

ГЛАВА 3. УДОБРЕНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

3.1. Особенности питания овощных культур

Овощные культуры наиболее требовательны к почвенным условиям, по степени требовательности к почвенному плодородию их можно разделить на 4 группы [3, 5]:

1-я группа очень требовательные – огурец, дайкон, спаржа, петрушка корневая, капуста ранняя, цветная, брокколи, брюссельская;

2-я группа требовательные – салат, базилик, хрен, шпинат, кориандр, пастернак, фенхель, перец, тыква, баклажан, патиссон, кабачок, морковь, лук репчатый, чеснок, сельдерей;

3-я группа средне требовательные – капуста белокочанная, томат, редис свёкла, картофель, рукола, кольраби, кукуруза сахарная, овощной горох;

4-я – нетребовательные – щавель, репа, редька, брюква, ревень, укроп, нигелла.

Для овощных культур оптимальная обеспеченность питательными элементами 5-й класс. Все овощные культуры очень отзывчивы на удобрения, так как возделываются, как правило, при орошении, то есть при оптимальных условиях влагообеспеченности. В то же время уровень залегания грунтовых вод под этими культурами весной не должен превышать 60 см от поверхности почвы, в период вегетации – 70-80 см, а на торфяниках – не ниже 120-130 см.

Для возделывания овощных культур пригодны почвы со следующими показателями:

– гранулометрический состав – для ранних овощных от супеси до среднего суглинка, для поздних – от легкого до среднего суглинка;

– мощность гумусового горизонта на минеральных почвах – не менее 30-40 см, на торфяниках – не менее 50-60 см;

– наиболее благоприятное содержание органического вещества (гумуса) в почвах для овощных культур 3-4 %, при содержании его 1,5-2 % урожай овощей при прочих равных условиях снижается на 12-27 %, а при более низком содержании гумуса необходимо внесение высоких доз органических удобрений. На таких почвах возделывание овощей часто оказывается нерентабельным (убыточным) [4].

Большинство овощных культур очень чувствительны к кислотности почвы. Плохо переносят кислотность капуста, свёкла, огурец, кабачок, лук, чеснок, салат, сельдерей, фасоль. На кислых почвах урожайность данных культур снижается в 1,5-2 раза. Морковь, томат, хрен, и петрушка предпочитают почвы с $pH_{\text{сол.}}=5,4-5,6$. Редис, редька, тыква, ревень, щавель и арбуз растут в широком интервале при $pH_{\text{сол.}}=5,0-6,0$.

Содержание в почве подвижного алюминия должно быть до 3-4 мг/100 г, а для лука, чеснока, салата и шпината – до 1 мг/100 г, поэтому химическая мелиорация почв – одна из первоочередных задач эффективного применения удобрений в овощеводстве.

Не переносят избытка кальция и требуют известкование в пониженных дозах только на сильно-и среднекислых почвах: морковь, петрушка, редька, репа, томат, кабачок, тыква и редис.

По отзывчивости на известкование овощные культуры подразделяются на 3 группы:

1-я группа – наиболее отзывчивы и требуют непосредственного известкования – капуста белокочанная, свёкла, лучше удаются по последствию – лук, чеснок, салат шпинат, капуста цветная, кольраби, брокколи (оптимальное значение pH 6,5-7,0);

2-я группа – средне требовательные – огурец, томат, морковь, петрушка, сельдерей, пастернак, хрен, тыква, кабачок, перец (оптимальное значение pH 6,0-6,5);

3-я группа – не требуют известкование – репа, редис, редька, ревень, брюква, фенхель, горох, бобы и щавель.

Под огурец, морковь и лук дозы известки следует рассчитывать по $\frac{1}{2}$ гидролитической кислотности, а для капусты, свёклы – по полной. Наиболее высокая эффективность известкования отмечается на среднекислых почвах (табл. 12).

Таблица 12

Эффективность известкования на овощных культурах

| Культура | Средние прибавки от известкования, т/га | |
|-----------------|---|----------------|
| | при pH-4,6-5,0 | при pH 5,0-6,0 |
| Капуста ранняя | 50-70 | 20-60 |
| Капуста поздняя | 45-90 | 30-60 |
| Свёкла столовая | 45-70 | 20-40 |
| Морковь | 30-90 | 30-40 |
| Лук | 20-60 | 10-20 |
| Огурец | 20-50 | 10-20 |
| Томат | 15-45 | 0-10 |

Наиболее благоприятный срок проведения известкования – осень, так как за осенне-зимний период известка хорошо взаимодействует с почвой и даёт хороший эффект уже в первый год. Если осеннее известкование не осуществимо, целесообразно провести его рано весной, не позднее чем за 2-3 недели до посадки или посева овощных культур. Особенно чувствительны к позднему известкованию овощные бобовые, огурец, томат, морковь, петрушка.

Известковые удобрения вносят под покровную культуру многолетних или однолетних трав, столовую свёклу и позднюю белокочанную капусту.

Большинство овощных культур (за исключением свеклы, капусты и томата), особенно морковь, лук, редис и огурец, очень чувствительны к повышенной концентрации солей (табл. 13). Поэтому внесение повышенных доз минеральных удобрений до посева и, особенно при посеве, приводит к негативным последствиям.

Таблица 13

Оптимальная концентрация минеральных солей
в почве для овощных культур, [12]

| Культура | Концентрация минеральных солей, % | | Культура | Концентрация минеральных солей, % | |
|----------|-----------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------------|-------------------|
| | проростки | взрослое растение | | проростки | взрослое растение |
| Морковь | 0,017 | - | Капуста | 0,050 | 0,085 |
| Лук | 0,025 | 0,050 | Свёкла | 0,100 | 0,250 |
| Огурец | 0,034 | 0,050 | Томат | 0,050 | 0,125 |

Различия в требовательности к почвенным условиям в значительной степени объясняются характером развития корневой системы. По развитию корневой системы овощные культуры можно разделить на три группы (табл. 14):

1-я имеют сильно разветвлённую корневую систему, проникающую на глубину до 1,5-2,0 м – тыква, свёкла, хрен, арбуз;

2-я со сравнительно мощной и разветвлённой, проникающей на глубину до 1,0 м – капуста, морковь, томат;

3-я с поверхностной слаборазвитой лук, чеснок или разветвлённой, но расположенной в пахотном слое – огурец, перец, баклажан.

Таблица 14

Глубина развития корневой системы некоторых овощных культур, см, [12, 11]

| Культура | Начало вегетации | Середина вегетации |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| Лук, огурец, перец, баклажан | 15-20 | 20-30 |
| Капуста, томаты | 20-30 | 50-60 |
| Свёкла, морковь, петрушка, сельдерей | 25-30 | 60-80 |

Белокочанная капуста имеет мощную корневую систему, достигающую в глубину 180-200 см. Однако для её взрослых растений оптимальная концентрация почвенного раствора составляет всего 0,08 % или 2,1 т/га, а для проростков - 0,05 %. Концентрация солей в почве свыше 0,1 % (2,5 т/га) при посадке рассады может привести к ухудшению её приживаемости.

Столовая свекла имеет очень мощную корневую систему, которая в период своего наибольшего развития занимает объем почвы до 17 м³. Её корни проникают вглубь до 250-300 см. Свекла - одна из наиболее солестойких культур. Для взрослых растений оптимальная концентрация почвенного раствора составляет 0,25% или 6 т/га. Однако для молодых растений концентрации свыше 0,12-0,15% (2,9-3,6 т/га) нежелательна.

Корневая система моркови развивается преимущественно в вертикальном направлении (до 150 см). Морковь отличается наибольшей чувствительностью к концентрации минеральных солей, для проростков ее оптимум составляет всего 0,017% или 425 кг на 1 га.

У взрослых растений кабачка мощная корневая система, поэтому он легко переносит засуху, солеустойчив и может использовать трудно растворимые фосфаты из почвы и фосфоритной муки.

Потребление элементов питания овощными культурами зависит от биологических особенностей культур, сорта, почвенно-климатических условий, приёмов агротехники и внесения удобрений. В начальные фазы развития овощные культуры потребляют незначительное количество питательных веществ 5-10% от общего выноса. В период нарастания вегетативной массы количество потребляемых веществ резко возрастает, достигая максимума в период интенсивного образования продуктивных органов.

По степени отзывчивости на минеральные удобрения овощные культуры можно разделить на несколько групп:

– очень отзывчивые (прибавка урожая до 30-50 %) – капуста цветная, белокочанная, свёкла столовая, кабачок, сельдерей, редис, укроп, салат;

– отзывчивые (прибавка урожая до 20-30 %) – огурец, томат, тыква, перец, баклажан, арбуз, дыня;

– слабоотзывчивые (прибавка урожая до 10-20 %) – столовая морковь, петрушка, пастернак, репчатый лук, редька, репа.

Слабоотзывчивые культуры лучше используют плодородие почв и последствие удобрений, чем минеральные удобрения. Все они плохо переносят повышение концентрации солей в почве. На бедных, слабокультуренных почвах отзывчивость на применение удобрений резко повышается.

По отзывчивости на применение навоза овощные культуры можно сгруппировать следующим образом:

– очень отзывчивые – сельдерей, огурец, кабачок, лук, салат кочанный, шпинат, спаржа;

– отзывчивые – белокочанная капуста, свекла, морковь, тыква, арбуз, дыня, перец, редис, редька, репа, петрушка;

– слабоотзывчивые – фасоль, горох, кольраби, горох овощной.

Растения первой группы увеличивают урожай от применения навоза на 30-50 % на средне окультуренных почвах, на почвах низкого плодородия (супесчаных) прибавка урожая может достигать 60-70 % и более.

Растения второй группы на почвах среднего уровня плодородия увеличивают урожай от применения органических удобрений на 15-30 %.

Слабоотзывчивые овощные культуры принадлежат, в основном, к бобовым, способным к азот фиксации благодаря симбиозу с азотфиксирующими бактериями.

Дозы органических удобрений определяются культурой и зависят от содержания гумуса (табл. 15).

Ориентировочные дозы перепревшего навоза и компостов под овощные культуры, т/га, [5]

| Культура | Дозы перепревшего навоза и компостов под овощные культуры при различном содержании гумуса, % | | |
|-----------------|--|-------|----------------|
| | 1-2 | 2-3 | 3-5 |
| Капуста ранняя | 30-40 | 20-30 | По последствию |
| Капуста поздняя | 50-60 | 40-50 | 30-40 |
| Морковь | 30-40 | 20-30 | По последствию |
| Свёкла столовая | 40-50 | 40-30 | 20-30 |
| Огурец | 60-80 | 50-60 | 30-40 |
| Томат | 20-30 | - | - |
| Лук | 20-30 | - | - |

Урожайность овощных в большей степени зависит от обеспеченности их азотом. В Нечернозёмной зоне на долю применения азотных удобрений приходится 60-65 % прибавки урожая от применения минеральных удобрений. Овощные культуры различаются по уровню потребности в азотных удобрениях. Слабая потребность в азотных удобрениях (30-60 кг/га д.в.) у овощных бобовых, репы и у лука севка. Морковь, капуста ранняя, шпинат, петрушка, пастернак, укроп, салат, щавель, редька и лук репчатый хорошо отзываются на умеренные дозы азотных удобрений (60-120 кг/га д.в.). Различные виды капуст, свёкла столовая, томат, огурец, ревень, тыква, кабачок, хрен, спаржа, сельдерей требуют повышенных и высоких доз азотных удобрений (120-200 кг/га д.в.).

Отзывчивость овощных культур на фосфорные и калийные удобрения обуславливается их биологическими особенностями, плодородием почвы и уровнем урожайности.

Корнеплоды семейства крестоцветных (редис, редька, репа), а также лук-севок, лук на зелень, горох, салат, щавель выносят небольшое количество фосфора и дают хорошие урожаи при внесении малых доз фосфорных удобрений (30-60 кг/га P_2O_5). Более значительная потребность в фосфорных

удобрениях (60-90 кг/га P_2O_5) у корнеплодов семейства зонтичных и маревых (морковь, свёкла, петрушка, сельдерей), лука репчатого, укропа и пастернака. Огурец, томат, кабачки, тыква, капуста поздняя и цветная относятся к культурам высокотребовательным к фосфорным удобрениям (90-150 кг/га P_2O_5).

Особенно требовательны к калию капуста поздняя, морковь, свёкла и сельдерей. Под эти культуры необходимо внесение высоких доз калия от 150 до 300 кг/га. Слабой отзывчивостью на калийные удобрения отличаются овощные бобовые культуры, а также щавель, лук-севок, лук на зелень и салат (60-80 кг/га K_2O). Остальные культуры хорошо отзываются на средние дозы калийных удобрений (90-120 кг/га K_2O).

Все эти культуры очень хорошо отзываются на сочетание органических и минеральных удобрений, но при сравнении в эквивалентных дозах на органические удобрения всегда лучше отзываются огурец, кабачок и другие стелющиеся культуры, лук и морковь (табл. 16).

Таблица 16

Сравнительная оценка действия органических и минеральных удобрений на урожайность овощных культур [2, 20]

| Культура | Урожайность без удобрений, ц/га | Прибавка в % от | |
|----------|---------------------------------|-----------------|-----|
| | | навоза | НПК |
| Огурец | 139 | 58 | 22 |
| Капуста | 225 | 39 | 55 |
| Томат | 221 | 31 | 47 |
| Лук | 130 | 36 | 19 |

Многие виды капусты (краснокочанная, цветная), томат и столовая свёкла одинаково отзываются на органические и минеральные, другие овощные культуры – на минеральные удобрения. Под стелющиеся культуры наиболее эффективен свежий (неразложившийся) навоз, под капусту – полуразложившийся (полуперепревший), а под корнеплоды – перепре-

вший навоз, компост или перегной. На богатых органическим веществом и нейтральных почвах огурцы растут лучше при внесении минеральных удобрений, поэтому на торфяниках известковые и другие минеральные удобрения являются главными элементами системы удобрения овощей в севооборотах. Для подкормки используется навозная жижа, разбавленная в 2-3 раза, коровяк, разбавленный в 3-4 раза, птичий помёт, разбавленный в 8-15 раз.

На овощных участках эффективным приёмом является мульчирование, для этой цели лучше использовать торф в дозе 30-40 т/га. Мульчирование предохраняет от перегрева днём и переохлаждения ночью, предотвращает образование корки, снижает испарение. Мульчирование проводят сразу после посева или на следующий день.

Азотные удобрения наиболее эффективны на дерново-подзолистых, серых лесных и лёгких пойменных почвах. Высокой отзывчивостью на азотные удобрения характеризуются капуста поздняя, капуста цветная, столовая свёкла, редис. Однако избыточное количество нитратного азота у цветной капусты вызывает рассыпчатость головки и ухудшает вкусовые качества. Редис требует небольшое количество азота, но в сжатые сроки.

Большое значение при возделывании овощных культур имеют формы азотных удобрений. Нитратные удобрения дают хорошие прибавки на культурах с коротким вегетационным периодом (редис, салат, шпинат, ранняя и цветная капуста) и в условиях холодной весны. Мочевина пригодна для основного внесения и для подкормок с поливом. Аммонийные формы лучше вносить под вспашку. Аммиачную воду и безводный аммиак необходимо вносить как основное удобрений, лучше за 2-3 недели до посева или посадки овощных культур.

Фосфорные удобрения особенно эффективны на дерново-подзолистых почвах невысокой окультуренности, низин-

ных торфяниках. Хорошо отзывается на фосфорные удобрения цветная капуста. Корнеплоды при внесении фосфорных удобрений дают небольшую прибавку, но на всех почвах, особенно слабокультуренных, способствуют значительному ускорению созревания, увеличению выхода товарной продукции, улучшению качества и лёжкости.

Универсальным фосфорным удобрением является суперфосфат. Двойной суперфосфат целесообразно использовать под огурец, томат, лук, цветную капусту, морковь, простой – под капусту белокочанную, редьку, хрен. Цитратнорастворимые формы фосфорных удобрений эффективны на кислых почвах. Их обычно применяют для основного внесения, для подкормок и в рядки использовать нецелесообразно. Фосфоритную муку на окультуренных почвах в чистом виде под овощные культуры применять не эффективно.

Калийные удобрения эффективны на лёгких подзолистых и пойменных почвах, осушенных торфяниках. Цветная капуста и огурец отзывчивы на калийные удобрения на дерново-подзолистых почвах. Морковь, свёкла, редис существенно повышают урожай от внесения калийных удобрений на всех почвах. Капуста поздняя лучше отзывается на калийные удобрения на пойменно-луговых и торфяно-перегнойных почвах.

Для большинства овощных культур можно применять хлористый калий. Для чувствительных к хлору (огурец, салат, цветная капуста) желательно применять бесхлорные калийные удобрения. Столовая свёкла, капуста, репа, редька относятся к натриелюбивым культурам, поэтому под них можно вносить калийные удобрения, содержащие натрий. На лёгких почвах, содержащих мало подвижного магния, предпочтительно отдавать магнийсодержащим удобрениям.

Для выращивания рассады овощных культур лучше использовать калийную селитру.

Большое значение в овощеводстве имеют магниевые удобрения. Эффективность их зависит от типа почвы, реакции среды, биологических особенностей культуры и содержания обменного магния в почве. Дефицит магния проявляется на кислых почвах, при внесении больших доз аммиачных и калийных удобрений, на лёгких почвах и при содержании обменного магния менее 40-70 мг/кг почвы. Капуста поздняя, свёкла и морковь отличаются высоким выносом магния (48-60 кг/га MgO); огурец и цветная капуста несколько меньшим (16-25 кг).

Важную роль в повышении урожайности и качества овощных культур играют микроэлементы – бор, молибден, цинк, марганец, кобальт.

К недостатку бора более чувствительны цветная и кочанная капуста, томат, огурец, столовая свёкла, сельдерей. Недостаток бора устраняется опудриванием или опрыскиванием растений 0,2 % водным раствором борной кислоты.

К числу культур более требовательных к содержанию молибдена в почве относятся цветная и брюссельская капуста, томат, салат. Для устранения дефицита молибдена у вегетирующих растений их опрыскивают 0,1-0,2 % водным раствором молибдата аммония или натрия.

От недостатка цинка могут страдать, морковь, столовая свёкла, петрушка, сельдерей, томаты; от недостатка марганца – огурцы, томаты, лук севок и капуста; от дефицита железа – томаты, редис, редька и огурцы. Для устранения дефицита цинка растения опрыскивают 0,05-0,1 % раствором сернокислого цинка, марганца и железа – 1 % растворами сульфата марганца и железа.

Согласно исследований Б.А. Ягодина [27] на применение кобальтовых микроудобрений положительно отзывается лук севок.

Различные овощные культуры имеют свой элемент минимума: зеленные и листовые – азот, томат – фосфор, огурец – азот и калий, корнеплоды – калий. Известковые, органические, фосфорные и калийные удобрения применяют под все овощные культуры. При посеве (посадке) в дозах 10-15 кг/га д.в. вносят суперфосфат или комплексные азотно-фосфорные или азотно-фосфорно-калийные удобрения, обогащенные соответствующими микроэлементами. Однако, проще внести необходимые микроудобрения, обработав ими семена (или рассаду) перед посевом (посадкой). При высадке овощных культур рассадой припосадочное удобрение вносят с поливной водой в концентрации до 0,2 %. Азотные, а иногда и калийные (на легких и пойменных почвах) удобрения обычно вносят весной дробно: до посева, иногда при посеве с фосфорными и в подкормках.

Минеральные удобрения *при основном внесении* заделывают осенью под зяблевую вспашку. На легких почвах и в районах достаточного увлажнения азотные удобрения желательно вносить весной. Навоз и другие органические удобрения в районах недостаточного увлажнения вносят осенью под зяблевую вспашку. В районах достаточного увлажнения под рано высеваемые культуры (лук, морковь, ранняя капуста) их вносят осенью под зябь, под поздно высеваемые культуры (огурцы, томаты, средняя и поздняя капуста) – весной, но не позднее, чем за 10-15 дней до посева или высадки рассады.

При посеве или посадке овощных культур эффективно вносить небольшую дозу полного минерального удобрения (10-15 кг/га NPK) (табл. 17). Припосадочное удобрение по-

вышает урожайность капусты на 62-120 ц, свёклы на 30-124 ц, моркови на 50-90 ц огурцов на 28-55 ц и томата на 50-125 ц на га. При посадке рассадой эффективно использовать рядковое удобрение в жидком виде.

Подкормки обязательный приём при возделывании овощей. Первую подкормку проводят не ранее чем через 2 недели после посадки рассады или через месяц после посева семенами. Вторую подкормку проводят до смыкания рядков. Дозы минеральных удобрений зависят от доз основного удобрения, плодородия почвы, вида овощных культур (см. табл. 17).

Таблица 17

Ориентировочные дозы минеральных удобрений в рядки и при подкормках овощных культур в Нечерноземной зоне, кг/га [12]

| Культура | В рядки при посеве или посадке | | | Подкормки | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|-------------------------------|------------------|--------|------------------|
| | | | | первая | | | вторая | |
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | K ₂ O |
| Капуста ранняя | 15 | 15 | 15 | 30 | 30 | 30 | - | - |
| Капуста среднепоздняя | 15 | 15 | 15 | 30 | 30 | 30 | 40 | 60 |
| Морковь | - | 10 | - | 30 | 30 | 30 | - | - |
| Свёкла | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 30 | 20 | 60 |
| Огурец | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 25 | 40 |
| Томат | 10 | 10 | 10 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Лук репчатый | - | 10 | - | 30 | 20 | 20 | 20 | 30 |

3.2. Удобрение капусты

Особенности питания и удобрение белокочанной капусты. Капуста - холодостойкое растение и весной переносит понижение температуры до минус 5-7°C, а осенью - кратковременное похолодание до минус 10°C. Оптимальные температура для роста и развития капусты 15-18°C. Это влаголюбивая культура, но избыток влаги губительно сказывается на развитии корневой системы и часто приводит к гибели или не завязыванию кочанов.

Капуста культура длинного дня, свет - важный фактор для ускорения роста растения и накопления урожая. Поэтому

затененные участки и загущенность рассады и посадок недопустимы. Белокочанная капуста поздняя наиболее высокую урожайность даёт на лёгких и средних суглинках. На тяжёлых почвах страдает из-за избыточной влажности и заболевания килой, на песчаных от недостатка влаги. Раннюю капусту лучше размещать на легкосуглинистых и супесчаных почвах.

Капуста белокочанная потребляет питательные элементы в течение всего периода вегетации, длительность которого для разных сортов колеблется от 60 до 140 дней. У ранней капусты после высадки в поле в первый месяц усваивается 4-5 % питательных веществ от общего выноса. В период между образованием розеточных листьев и началом завязывания кочана (17 дней) потребляется 40-48 % азота, 35-3-48 % фосфора и 42-44 % калия.

Поздняя капуста в течение месяца после высадки рассады капуста потребляет только около 10 % не обходимых элементов питания, а с момента завязывания кочана в продолжение последующих 40-50 дней поглощает 70-80 % всех элементов от общего содержания их в урожае (табл. 18).

Таблица 18

Динамика потребления азота, фосфора и калия капустой поздней, в % от максимального [12]

| Фазы роста | От начала вегетации | | |
|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Рассада | 0,5 | 0,4 | 0,6 |
| Формирование кочана | 30 | 22 | 25 |
| Рыхлый кочан | 90 | 91 | 93 |
| Хозяйственная спелость | 100 | 100 | 100 |

В первый период оптимальное соотношение элементов питания составляет N:P:K 3:1:2,5, во второй период 3:1:4. Для получения 1 т товарной продукции используется, кг:

ранней капустой – N – 3,4, P₂O₅ – 1,2, K₂O – 3,6;

среднепоздней капустой – N – 3,7, P₂O₅ – 1,3, K₂O – 4,2;

поздней капустой – N – 4,1, P₂O₅ – 1,4, K₂O – 4,9;

цветная капуста – N –8,0, P₂O₅ –3,5, K₂O –8,0;

брокколи – N – 8,4, P₂O₅ – 2,9, K₂O – 8,3.

Капуста возделывается рассадным и безрассадным способом. Для *выращивания рассады* используют различные виды сооружений: для ранних сортов теплицы с обогревом, для поздних – плёночные теплицы, парники. Рассадная смесь должна иметь рН_{сол.} – 6-7, быть безвредной для растений, хорошо удерживать влагу и питательные вещества, иметь хорошую обеспеченность элементами питания. Для приготовления рассадной смеси используют торф 75 %, опилки 25 % или до 25 % перегноя. На 1 м³ смеси вносят 1,5-2,0 кг аммиачной селитры, 1,7-2,0 кг суперфосфата, 0,4-0,6 кг хлористого или сульфата калия.

Семена перед посевом обрабатывают *микроэлементами*. При замачивании используют раствор содержащий 0,05-0,1% MnSO₄, 0,001-0,005% Cu SO₄, 0,005-0,05% H₃BO₃, 0,03-0,05% KMnSO₄ и 0,03-0,05% (NH₄)₆ Mo₇O₂₄×7H₂O. Затем семена подсушивают. Можно семена опрыснуть раствором микроэлементов с концентрацией 0,1-0,3%, расход раствора 10 л на 1 т семян. Уход за рассадой состоит из поливов и 2 подкормок. Первая подкормка проводится через 15-20 дней после появления всходов (на 10 H₂O берут по 20 г аммиачной селитры и суперфосфата и 7 г хлористого или сульфата калия), вторая – 25-40 дней (на 10 H₂O берут по 40 г аммиачной селитры и суперфосфата и 17 г хлористого или сульфата калия). Расход раствора 2,5-3,0 л/м².

До высадки рассады вносят (если нужно) известковые, органические и минеральные удобрения, причем азотно-калийные на легких почвах весной.

Капуста очень отзывчива на известкование кислых почв, целесообразно для снижения вредоносности килы за 1-2 не-

дели до высадки рассады заделать в слой 10-12 см 2-4 т/га жженной гашеной тесты (пушенки) или мелкоразмолотой доломитовой муки, известкование на 15-20% снижает накопление тяжелых металлов в кочанах. *Дозы известки* рассчитывают по полной гидролитической кислотности.

Дозы органических удобрений зависят от сорта и содержания органического вещества (табл. 19).

Таблица 19

Дозы органических удобрений под капусту в зависимости от сорта и содержания гумуса, т/га [4]

| Сорта | Содержание гумуса, % | | |
|-------------------------|----------------------|-------|---------------|
| | 1-2 | 2-3 | 3-5 |
| Капуста белокочанная: | | | |
| ранние сорта | 30-40 | 20-30 | 20-30 |
| поздние и среднепоздние | 60-65 | 40-50 | 35-40 |
| Капуста цветная | 30-40 | 20-30 | последействие |

Поздние и среднепоздние сорта на всех почвах хорошо отзываются на внесение органических удобрений. Однако один навоз не может обеспечить капусту питательными веществами, так как разложение навоза в почве и высвобождение из него элементов питания идёт медленнее, чем потребность растений. На различных почвах эффективность минеральных удобрений различна. На дерново-подзолистых и нейтральных пойменных почвах поздняя капуста лучше отзывается на внесение азота, на кислых пойменных – на фосфор, на торфяниках – на калий и фосфор.

Дозы минеральных удобрений – (NPK)₉₀₋₁₂₀, из них 50 % вносят в основное и 50 % приходится на подкормки и припосевное. Дозы азота зависят от сорта: под ранние сорта 90-135 кг/га, под среднепоздние – 120-150 кг/га, под поздние – 150-200 кг/га. Дозы фосфорных удобрений определяются содержанием подвижного фосфора в почве: при содержании P₂O₅ до 100 мг/кг – 120-160 кг/га, при содержании P₂O₅ 100-

150 мг/кг – 90-120 кг/га, при содержании P_2O_5 150-250 мг/кг – 60-90 кг/га, при содержании P_2O_5 более 250 мг/кг – 40-60 кг/га. Эффективность калийных удобрений проявляется при содержании обменного калия в почве менее 150 мг/кг.

Высокие урожаи получают при совместном применении органических и минеральных удобрений (табл. 20).

Под ранние сорта нужно совместно с минеральными вносить хорошо перепревшие органические удобрения или размещать эти культуры по хорошо унавоженным предшественникам и удобрять только минеральными удобрениями.

Таблица 20

Примерные дозы удобрений под капусту [20]

| Почвы | Навоз, т/га | Минеральные удобрения, кг/га | | |
|---|----------------|------------------------------|----------|---------|
| | | N | P_2O_5 | K_2O |
| Позднеспелые сорта, урожайность 60-80 т/га | | | | |
| Дерново-подзолистые | 60-80 | 120-150 | 60-90 | 180-210 |
| Минеральные пойменные | 50-60 | 90-120 | 60-90 | 180-240 |
| Среднепоздние сорта, урожайность 40-50 т/га | | | | |
| Дерново-подзолистые | 40-60 | 90-150 | 40-90 | 160-210 |
| Минеральные пойменные | 30-40 | 60-120 | 40-90 | 180-240 |
| Ранние сорта, урожайность 20-30 т/га | | | | |
| Дерново-подзолистые | 50-60 | 90-135 | 40-80 | 60-120 |
| Минеральные пойменные | 40-60 | 30-60 | 40-80 | 90-150 |

Припосевное удобрение: при высадке рассады под ранние сорта – $N_{10}P_{20}K_{10}$ или $N_{15}P_{15}K_{15}$, под поздние и среднепоздние сорта комплексные удобрения по 10-15 кг/га д.в. каждого элемента. Удобрения лучше вносить с поливной водой, но нужно учитывать концентрацию раствора. С повышением концентрации с 0,06 до 0,18 % приживаемость рассады снижается на 20,9 % (табл. 21).

Таблица 21

Влияние концентрации раствора на приживаемость рассады

| Показатели | Б/уд. | 1(NPK) | 2(NPK) | 3(NPK) |
|--------------------------|-------|--------|--------|--------|
| Концентрация раствора, % | 0 | 0,06 | 0,12 | 0,18 |
| Приживаемость рассады, % | 97,9 | 95,8 | 89,5 | 74,9 |

В подкормки на легких почвах и при урожаях более 60 т/га вносят до 50 % общих доз азотных и калийных удобрений, начиная через 2-3 недели после высадки рассады. После укоренения рассады возможна и некорневая подкормка необходимыми микроэлементами (молибденом, цинком, медью), если семена перед посевом ими не обрабатывали. Для этого в 400 л воды (на 1 га) растворяют 6 кг мочевины, 3 кг сульфата калия, 4 кг сульфата магния и по 50 г молибдата аммония, сульфата цинка, меди и железа.

При проведении **корневой подкормки** вносят следующие дозы:

1-я подкормка на ранних сортах – $N_{20}K_{30}$, на среднепоздних и поздних – $N_{30}P_{20}K_{30}$;

2-я подкормка на ранних сортах не проводится, на среднепоздних и поздних – $N_{40}K_{60}$;

Подкормки можно проводить в жидком виде, концентрация раствора должна составлять в первую подкормку 0,5-0,7 %, во вторую – 1,0-1,5 %.

Подкормку ранней капусты целесообразно проводить в фазу образования розеточных листьев. На среднепоздних и поздних сортах - в фазу образования розеточных листьев и в начале завязывания кочана

Применение микроудобрений. На известкованных почвах борные в основном – 1 кг/га, некорневая подкормка – 250 г/га. На торфяниках – медные в основном – 0,5-1,0 кг/га, некорневая подкормка – 150-200 г/га. На чернозёмах и карбонатных

– марганцевые в основном 0,5-1,0 кг/га и для обработки семян 0,05 %.

Формы минеральных удобрений зависят от типа почвы. На дерново-подзолистых почвах из азотных – аммиачная селитра, мочевины, натриевая селитра, их фосфорных – простой и двойной суперфосфат, из калийных – хлористый калий, сернокислый калий, калийная селитра, калимаг. На пойменных почвах из азотных – сульфат аммония, из фосфорных – простой и двойной суперфосфат, из калийных – калийная соль; на лёгких почвах из калийных удобрений лучшими являются калимаг и калимагнезия.

Удобрение цветной капусты. По биологическим особенностям цветная капуста очень требовательна к условиям выращивания – температуре воздуха и почвы, обеспеченности влагой, элементами минерального питания. В период прорастания семян оптимальная температура 18-20°C, через неделю после появления всходов 8-10°C, а в период интенсивного нарастания листового аппарата - 18-20°C. В жаркую погоду с температурой свыше 25°C и низкой относительной влажностью воздуха (ниже 50-60 %) прекращается наращивание листьев, что приводит к завязыванию мелкой, нестандартной головки. Для получения урожая цветной капусты 20-25 т/га требуется хорошее развитие листового аппарата; на каждом растении должна образоваться розетка из 16-20 хорошо сформированных листьев темно-зеленого цвета. В этом случае создаются условия для получения головок массой 500-1000 г и более.

Капуста цветная очень требовательна к плодородию почв и отзывчива на применение удобрений, но плохо удаётся на богатых азотом торфяниках и тяжелых по гранулометрическому составу лугово-болотных пойменных почвах (формируется рыхлая головка). Лучшие почвы для нее нейтральные легкие и

средние суглинки. Она по сравнению с белокочанной капустой сильнее поражается килой даже при рН 6,0-6,5. Кислые почвы требуются обязательно известковать. Непосредственное внесение больших доз извести под цветную капусту может вызвать резкий недостаток бора, снизить урожайность и качество продукции.

Цветная капуста предъявляет высокие требования к условиям минерального питания и водному режиму. На создание 1 т товарной продукции с соответствующим количеством побочной продукции она выносит из почвы 8-9 кг азота, 3,5-4,0 кг фосфора и 8-10 кг калия. Критическим периодом является фаза 3-4 листьев. После образования 3-4 листьев в конусе нарастания начинается заложение цветочных зачатков, и число листьев уже не увеличивается. Поэтому в этот период важно обеспечить растения элементами питания. Период интенсивного потребления питательных веществ растянут и выражен не чётко. Высокие урожаи можно получить только при орошении.

За время выращивания рассады её подкармливают макро- и микроэлементами. Цветная капуста наиболее чувствительна к недостатку бора и молибдена. При недостатке бора появляются коричневые пятна на поверхности головки, под которыми образуются пустоты, достигающие до кочерыги. При недостатке молибдена не образуется головка, и формируются листья аномальной формы.

Подкормку *микроэлементами* проводят при появлении массовых всходов раствором борной кислоты, медного купороса и молибденовокислого аммония в концентрации 0,02 %. Раствором (10 л), содержащим по 1,5-2,0 г солей каждого микроэлемента, обрабатывают 5 м². Макроэлементами подкармливают 2-3 раза: первая подкормка проводится через 10-

12 дней после пикировки, вторая и третья – примерно через каждые 10 дней (табл. 22).

Таблица 22

Примерные дозы минеральных удобрений при подкормках рассады
(г на 10 л воды) [4]

| Удобрения | Подкормка | | |
|-------------------|-----------|-----|-----|
| | 1-я | 2-я | 3-я |
| Аммиачная селитра | 25 | 30 | 20 |
| Суперфосфат | 20 | 40 | 30 |
| Хлористый калий | 15 | 30 | 40 |

Известь и органические удобрения (40-60 т/га) вносят под предшественник, **минеральные удобрения** – весной под предпосадочную обработку почвы, **при посадке рассады** вносят суперфосфат или комплексные двойные (NP) и тройные (NPK) удобрения в дозе по 10 кг/га д.в., проводят **одну подкормку** минеральными удобрениями – $N_{20}K_{30}$ перед формированием головки.

Общие дозы минеральных удобрений зависят от плановых и возможных урожаев, обеспеченности почв питательными элементами (табл. 23), а посевов – органическими удобрениями и составляют: по азоту от 30 до 150 кг/га, по фосфору от 40 до 120 кг/га и по калию от 30 до 150 кг/га д.в. В Нечернозёмной зоне по цветную капусту при возделывании на дерново-подзолистых почвах рекомендуют следующие дозы: навоз 50-60 т/га (под предшественник), N_{90-150} , P_{40-80} и K_{60-120} ; на чернозёмных почвах: навоз 20-30 т/га (под предшественник), N_{60-90} , P_{60-90} и K_{45-90} .

Таблица 23

Дозы удобрений под цветную капусту [12]

| Планируемая урожайность, т/га | III группа, мг/кг | | | IV группа, мг/кг | | | V группа, мг/кг | | |
|-------------------------------|-------------------|----------|---------|------------------|----------|---------|-----------------|----------|--------|
| | 30-50 | 150-200 | 120-170 | 50-80 | 200-300 | 170-250 | >80 | >300 | >250 |
| | N | P_2O_5 | K_2O | N | P_2O_5 | K_2O | N | P_2O_5 | K_2O |
| 25 | 135 | 75 | 120 | 105 | 60 | 90 | 75 | 75 | 60 |
| 30 | 145 | 82 | 127 | 125 | 75 | 105 | 95 | 60 | 75 |
| 35 | 155 | 90 | 135 | 145 | 90 | 120 | 115 | 75 | 90 |

Из микроэлементов цветная капуста наиболее чувствительна к недостатку молибдена и бора. При остром молибденовом голодании проводят некорневые подкормки 0,02 % водным раствором $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 7\text{H}_2\text{O}$. Для предотвращения борной недостаточности растения опрыскивают 0,1-0,2 % раствором H_3BO_3 .

Брокколи (спаржевая капуста) очень близка по своим требованиям к питанию к цветной капусте. К почвенным условиям брокколи менее требовательна, чем цветная капуста. Она может успешно произрастать на тяжёлых влажных почвах, но лучше развивается на лёгких и средних суглинках, богатых перегноем. Пригодными являются пойменные и пониженные участки. Применение органических и минеральных удобрений, извести, дозы, способы внесения под брокколи аналогичны цветной капусте. Для брокколи крайне необходим молибден. При его недостатке листья желтеют, становятся узкими, края их закручиваются, иногда не образуется ни листьев, ни головки.

Капуста брюссельская очень требовательна к плодородию почв и условиям минерального питания. Лучшими почвами являются окультуренные лёгкие и средние суглинки с рН 6,5-7,5. Особенностью её является более активно использовать питательные вещества почвы благодаря мощной корневой системы. Она хорошо отзывается на органические удобрения, внесённые под предшественник в дозе 30-60 т/га. Внесение свежего навоза под эту культуру нецелесообразно.

Дозы минеральных удобрений под эту культуру на среднеобеспеченных почвах $\text{N}_{150-180}$, P_{45-60} и K_{200} . На лёгких почвах отзывается на магниевые удобрения, доза внесения MgO 50 кг/га. Брюссельская капуста хорошо отзывается на подкормки азотными и калийными удобрениями ($\text{N}_{20}\text{K}_{30}$) с поли-

вом. Лучшие формы удобрений для подкормок – мочевина и хлористый калий.

Капуста савойская по своим требованиям к уровню минерального питания и почвенному плодородию близка к белокочанной. Дозы удобрений, как для белокочанной капусты.

Кольраби слабо отзывается на применение органических удобрений, под неё лучше вносить минеральные или возделывать по последдействию навоза. Дозы минеральных удобрений под эту культуру на среднеобеспеченных почвах N_{90-120} , P_{60-90} и $K_{120-150}$. Вследствие скороспелости растений фосфорные и калийные удобрения следует давать полностью под основную обработку почвы, азотные $\frac{2}{3}$ дозы до посадки весной и $\frac{1}{3}$ в подкормку при достижении стеблеплодами диаметра около 1,5 см. Кольраби хорошо отзывается на внесение щелочных азотных удобрений, применение физиологически удобрений значительно снижает урожайность и скороспелость этой культуры.

3.3. Удобрение лука и чеснока

Особенности питания лука. Основной биологической особенностью лука является исключительная жизнеспособность и приспособляемость. При любых условиях он успевает сформировать луковичу, может переносить заморозки до $-4^{\circ}C$. Семена прорастают при температуре $1-2^{\circ}C$. Рост корней и листьев зависит от сроков посадки и температуры почвы. При высадке в холодную почву в ранние сроки происходит лучшее развитие корневой системы. При высадке в прогретую почву усиливается рост листьев, происходит закладка мелких луковиц.

Корневая система лука состоит из нитевидных, неразветвлённых, не имеющих корневых волосков корней. Распространяется она, в основном, в пахотном слое. Слабая разветвлённость и отсутствие корневых волосков на кончиках корней,

значительно снижает поглотительную поверхность корневой системы. Поэтому лук предъявляет высокие требования к уровню минерального питания. Лук хорошо растёт на плодородных и окультуренных почвах с нейтральной реакцией (рН 6,4-6,8). Лучшими почвами для лука являются хорошо окультуренные, богатые органическим веществом легкосуглинистые почвы с повышенным содержанием доступных форм фосфора и калия (180-200 мг/кг почвы).

Потребность и динамика поглощения питательных веществ зависят от сорта, способа выращивания из семян или севка, а также от цели выращивания (табл. 24).

Таблица 24

Затраты питательных веществ растениями лука на формирование 1 т продукции в зависимости от сорта и целей выращивания, кг [9]

| Сорта | При посеве семенами | | | При посадке севком | | | При выращивании на зелень | | |
|---------|---------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Острые | 5,4 | 1,6 | 4,0 | 4,4 | 1,2 | 2,1 | 3,2 | 0,9 | 1,6 |
| Сладкие | 4,2 | 1,3 | 4,8 | 3,0 | 1,1 | 1,1 | 1,9 | 0,5 | 2,5 |

Помимо азота, фосфора, калия важное значение для роста и развития растений лука играют кальций и сера. Кальций способствует росту корней, нейтрализует кислотность почвы и улучшает усвоение фосфора, серы и бора. Сера необходима луковичным растениям для образования ароматических веществ. Поэтому под лук следует применять серосодержащие удобрения – сульфат аммония, сульфат калия.

Потребление питательных элементов при посеве семенами происходит значительно медленнее и в меньших (в 5-7 раз) количествах, чем при посадке севком. При посеве семенами формирование луковицы начинается примерно через 2 месяца после всходов; к этому времени растения потребляют 7-12 % питательных элементов от общего их количества.

Максимальная потребность в питательных элементах при посеве из семян в мае наблюдается в июле, а при посадке севоком – на месяц раньше.

Семенники лука более интенсивно используют питательные элементы, уже через 40 дней после посадки они потребляют до 30 % азота и калия и до 20 % фосфора, а еще через месяц соответственно 50, 70 и 60 % общего содержания этих элементов в урожае.

Удобрение лука. Лук чувствителен к реакции среды, но отрицательно реагирует на непосредственное внесение извести. Лучше её вносить за 2-3 года. Он чувствителен к повышенной концентрации почвенного раствора, хорошо отзывается на разложившиеся (перепревшие) органические (навоз, компосты) и на минеральные удобрения. Оптимальным является допосевное внесение 30-40 т/га перепревшего навоза (компоста) или 20 т/га перегноя. Минеральные удобрения вносят в небольших дозах: под лук репку (NPK)₆₀₋₉₀, под севок (NPK)₄₅₋₆₀, при выращивании на зелень – (NPK)₃₀. Дозы минеральных удобрений зависят от уровня плодородия почв и планируемой урожайности (табл. 25).

Таблица 25

Примерные дозы минеральных удобрений при выращивании на товарную луковицу, кг/га д.в. [7, 9]

| Планируемая урожайность, т/га | N | | P ₂ O ₅ | | | K ₂ O | | |
|-------------------------------|-----------------|---------|-------------------------------|---------|------|------------------|---------|------|
| | окультуренность | | мг/кг почвы | | | мг/кг почвы | | |
| | хорошая | средняя | >200 | 150-200 | <150 | >200 | 100-200 | <100 |
| 10 | 60 | 80 | 20 | 40 | 60 | 40 | 80 | 100 |
| 20 | 100 | 120 | 40 | 80 | 100 | 80 | 120 | 150 |
| 30 | 140 | 160 | 60 | 120 | 150 | 120 | 160 | 200 |

В Нечернозёмной зоне наибольшую прибавку обеспечивают азотные удобрения. Прибавка от внесения этого элемента составляет 15-32 %. Прибавки от применения фосфорных и ка-

лийных удобрений зависели от содержания подвижных форм этих элементов (табл. 26)

Максимальная урожайность обеспечивается при сочетании органических удобрений с оптимальными дозами минеральных и возможными (с учетом диагностики) подкормками азотными и калийными удобрениями перед началом интенсивного потребления элементов. Удобрения вносят дробно – $\frac{2}{3}$ части в основное и $\frac{1}{3}$ в подкормки и при посеве. **При посеве** вносят гранулированный суперфосфат в дозе 10 кг/га д.в. При необходимости подкормки проводят в первой половине лета, более поздние подкормки затягивают созревание. **Первую подкормку** проводят через 10-15 дней, после того как лук тронется в рост $N_{10}K_{15}$, на бедных почвах – $N_{30}P_{20}K_{20}$, **вторую** – через 20-25 дней после первой калийными удобрениями в дозе K_{30} , или $N_{20}K_{30}$.

Таблица 26

Эффективность применения минеральных удобрений под лук репчатый на различных почвах Нечернозёмной зоны без орошения [5]

| Почва и место проведения опыта | Урожайность без удобрений | Прибавки урожая (в %) от внесения | | |
|--|---------------------------|-----------------------------------|---------|-------|
| | | азота | фосфора | калия |
| Дерново-подзолистая среднесуглинистая (Московская область) | 16,2 | 28 | 12 | 4 |
| Дерново-подзолистая легкосуглинистая (Ярославская область) | 13,2 | 24 | 0 | 0 |
| Дерново-тёмноцветная среднесуглинистая (Ярославская область) | 16,0 | 15 | 10 | 11 |
| Оподзоленный чернозём (Нижегородская область) | 15,8 | 32 | 14 | 10 |

Для лучшего развития лука на приусадебных участках в холодную дождливую весну эффективным является некорневая подкормка при длине листьев 3-5 см. На 10 л подкормочного раствора берут 15-20 г мочевины, 10-15 г хлористого калия и 20-30 г двойного суперфосфата, раствор используют на 3 м².

Система удобрения под лук зависит от цели выращивания (табл. 27).

Таблица 27

Система удобрения лука в зависимости от цели выращивания [9]

| Цель выращивания | Основное удобрение | | | | Подкормка, кг/га | |
|------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | перегной или сильно разложившийся навоз | минеральные удобрения, кг/га | | | N | K ₂ O |
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | |
| Получение севка из семян | 30 | - | 30 | 30-45 | 30 | 30 |
| Получение зелёных листьев из севка | 30 | 30 | 30 | 30-45 | - | - |
| Получение товарного лука из севка | 30 | 30 | 45 | 45 | 30 | 30 |
| На семенники | 30 | 30 | 45 | 45 | 30 | 30 |

Применение микроудобрений: обработка семян, севка и лука-репки 0,1% раствором медного купороса или слабым раствором перманганата калия. Лук хорошо отзывается на кобальтовые микроудобрения. Для обработки семян используют 0,2 % раствор сернокислого или азотнокислого кобальта.

Формы удобрений. Используют удобрения хорошо растворимые: сульфат аммония, мочевины, двойной суперфосфат, хлористый и сульфат калия, зола. Внесение хлорсодержащих удобрений не оказывает отрицательного влияния на урожайность и качество лука.

Лук-порей – хорошо растёт на плодородных и окультуренных среднесуглинистых почвах. Лук-порей хорошо отзывается на органические удобрения. Он образует большую вегетативную массу, поэтому отзывчив на азотные удобрения, потребность в фосфоре и калии средняя. Оптимальные дозы минеральных удобрений – N₁₂₀₋₁₅₀P₆₀₋₈₀K₆₀₋₉₀. На луке-порее целесообразно проводить подкормку азотными удобрениями (N₄₀₋₆₀) в форме мочевины.

Лук-шалот – хорошо растёт на плодородных и окультуренных супесчаных почвах. Под лук-шалот не вносят свежий навоз, он лучше удаётся по последствию. Он относится к

культурам среднетребовательным к питательным веществам. Минеральные удобрения следует вносить в дозах – $N_{60-120}P_{60-80}K_{60-90}$, часть азота дают в подкормку.

Шнитт-лук хорошо растёт на окультуренных суглинистых нейтральных гумусированных почвах. Он относится к культурам среднетребовательным к питательным веществам. Минеральные удобрения следует вносить в дозах – $N_{60-120}P_{40-60}K_{90-120}$, часть азота дают в подкормку. Отзывчив на внесение азотных и натрийсодержащих калийных удобрений (калийная соль, сильвинит).

Чеснок – очень требователен к плодородию почв и отзывчив на удобрения. Наиболее пригодны для возделывания озимого чеснока нейтральные супесчаные почвы, для ярового – лёгкие суглинки с рН 6,5-7,9.

Чеснок на 10 т товарной продукции потребляет 40-50 кг азота, 10-15 кг фосфора и 35-45 кг калия. Кислые почвы известкуются под предшественник. Чеснок имеет много общего с луком. Он предъявляет такие же требования к элементам минерального питания, не переносит повышенной концентрации почвенного раствора.

Чеснок отзывчив на органические удобрения, но вносить свежий навоз не рекомендуется. Непосредственно под него вносят 40-60 т/га перегноя, а под предшественник – навоз крупного рогатого скота в дозе 60-80 т/га, птичий помёт – 10-15 т/га. При осенней посадке чеснока половину фосфорно-калийных удобрений целесообразно внести с осени, азотные весной и оставшуюся часть фосфорно-калийных в подкормку в период образования луковицы. Дозы минеральных удобрений вносят в соотношении N:P:K – 1:1:2. При отсутствии навоза минеральные удобрения вносят из расчёта $N_{60-80}P_{60-90}K_{90-120}$. Дальнейшее увеличение доз вызывает повышенную заболеваемость головок чеснока.

3.4. Удобрение столовых корнеплодов

Особенности питания. Все корнеплоды относятся к группе холодостойких. Корневая система обладает небольшой усвояющей способностью, требовательны к плодородию почв. Оптимальное содержание фосфора и калия – 200-250 мг/кг, содержание гумуса – 3-4 %. Отношение к реакции среды: морковь предпочитает плодородные и окультуренные почвы со слабокислой и нейтральной реакцией – рН 5,5-6,5; свёкла – нейтральные и близкие к ним почвы – рН 6,5-8,0. При рН ниже 5,8 свёкла сильно реагирует на известкование, морковь часто положительно отзывается на известкование при рН ниже 5,5, но не переносит избытка кальция. Репа переносит повышенную кислотность и может произрастать при рН 5.

Морковь следует размещать на окультуренных легкосуглинистых, супесчаных почвах; столовая свёкла – на окультуренных суглинистых почвах.

Потребление питательных элементов у моркови продолжается в течение всей вегетации, но в мае-июне потребляется до 10 %, максимум потребления наблюдается с момента интенсивного формирования корнеплодов и продолжается до конца вегетации (табл. 28).

Таблица 28

Динамика потребления азота, фосфора и калия морковью и свёклой в % от максимального [12]

| Время определения | Морковь | | | Время определения | Свёкла | | |
|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| | От начала вегетации | | | | От начала вегетации | | |
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 4 июля | 27 | 26 | 38 | 5 июля | 22 | 20 | 15 |
| 6 августа | 75 | 62 | 93 | 7 августа | 57 | 40 | 43 |
| 3 сентября | 100 | 100 | 100 | 3 сентября | 84 | 74 | 92 |
| | | | | 4 октября | 100 | 100 | 100 |

В период интенсивного нарастания вегетативной массы увеличивается потребность моркови в азоте. При недостатке

азота задерживается развитие листового аппарата, что сказывается на урожае. Дефицит азота может проявляться в холодный, дождливый весенне-летний период, когда замедляются процессы нитрификации в почве.

Однако избыток азота на моркови приводит к излишнему нарастанию вегетативной массы в ущерб образованию корнеплодов.

Потребление питательных элементов свёклой происходит в течение всего периода вегетации, в первый период в фазу всходов требуется хорошее обеспечение фосфором, через 2-3 недели после появления всходов проявляется высокая потребность в азоте для образования листового аппарата, необходимость в котором позже резко снижается, а в калии возрастает. Фосфор в течение вегетации потребляется более равномерно. Критическим периодом у столовой свёклы является конец июля – начало августа (20-25 дней). За июль и август столовая свёкла поглощает 50-65 % всех питательных веществ от максимального поглощения и более отзывчива на подкормки (см. табл. 21).

Все корнеплоды в молодом возрасте чувствительны к фосфорному питанию. Достаточное фосфорное питание в начальный период приводит к повышению полевой всхожести, усилению роста корневой системы, что обеспечивает формирование корнеплодов правильной формы, высоких товарных и вкусовых качеств.

У моркови при недостатке фосфора и обильном питании азотом и калием в первый период часто наблюдается повреждение первичного корешка, что приводит к резкому увеличению до 55 % нестандартных, уродливых корнеплодов.

Данные культуры характеризуются высоким выносом (табл. 29).

Таблица 29

Вынос 1 т основной продукции с учётом побочной, кг [3, 16, 26]

| Культура | Элементы | | | |
|-----------|----------|-------------------------------|------------------|------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO |
| Морковь | 3,2-4,0 | 0,8-1,0 | 4,5-5,0 | 0,7 |
| Свёкла | 2,7-3,5 | 1,0-1,5 | 4,3-6,0 | 1,45 |
| Редис | 1,7-3,4 | 0,7-0,9 | 3,4-4,0 | 0,6 |
| Редька | 3,0-4,9 | 0,-1,3 | 3,6-6,1 | 0,4 |
| Петрушка | 4,2 | 1,0 | 3,4 | 2,5 |
| Сельдерей | 2,1 | 0,3 | 3,9 | 0,6 |
| Репка | 1,8 | 0,3 | 3,7 | - |

Морковь растение длинного дня и довольно холодостойкое. Высокие урожаи получают при температуре 18-21°C. Свёкла наиболее теплолюбивая, также не переносит затенение.

Удобрение моркови. На кислых почвах для улучшения фосфорного питания требуется проводить известкование. Однако внесение извести под морковь нежелательно, на переизвесткованных почвах её урожайность снижается на 10-15 %. Столовая морковь предъявляет повышенные требования к содержанию органического вещества в почве, поэтому она хорошо отзывается на применение органических удобрений (табл. 30).

Таблица 30

Дозы органических удобрений под морковь

| Содержание органического вещества, % | 1-2 | 2-3 | 3-5 |
|--------------------------------------|-------|-------|---------------|
| Дозы навоза, т/га | 30-40 | 20-30 | последействие |

Дозы органических удобрений зависят от содержания гумуса. Во избежание высокой засорённости под неё вносят перепревший навоз, свежий и полуперепревший вносят под предшественник. Применение свежего навоза весной перед посевом вызывает ветвление корнеплода и способствует заболеванию их в период хранения.

Дозы минеральных удобрений зависят от типа почв (табл. 31). Для поздних сортов в Нечернозёмной зоне дозы азотных удобрений могут быть увеличены до 60-120 кг/га, при этом азот вносят дробно – 50 % перед посевом и 50 % в

подкормку. Однако по данным В.А. Борисова [4] общая доза азота не должна превышать 60-90 кг/га. Высокие дозы азотных удобрений ведут к снижению сахаристости и накоплению нитратов.

Таблица 31

Примерные дозы минеральных удобрений под морковь, кг/га [14, 20]

| Типы почв | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| Дерново-подзолистые | 45-60 | 60-90 | 90-120 |
| Пойменные | 45-60 | 60-90 | 150-210 |
| Торфяники | 45-60 | 90-120 | 120-180 |
| Чернозёмы | 45-60 | 60-90 | 60-90 |

Под ранние сорта дозы азотных удобрений составляют 40-60 кг/га и вносят в один приём перед посевом.

Морковь отрицательно реагирует на повышенную концентрацию почвенного раствора, поэтому даёт хорошие урожаи по последствию органических и минеральных удобрений (табл. 32).

Таблица 32

Влияние повышенных доз удобрений и сроков внесения на урожайность моркови (луговая среднесуглинистая пойменная почва) (микрополевой стационарный опыт), [5]

| Показатель | Удобрения и сроки внесения | | | |
|-------------------------|----------------------------|--|--|--|
| | Без удобрений | N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀ (весной) | N ₂₇₀ P ₁₈₀ K ₅₄₀ (осенью) | N ₂₇₀ P ₁₈₀ K ₅₄₀ (под предшественник) |
| Урожайность, кг/делянку | 26,3 | 30,6 | 24,1 | 32,9 |
| Урожайность, % | 100 | 116 | 91 | 125 |

При посеве на всех типах почв следует вносить суперфосфат (10 кг/га P₂O₅) или нитрофос, подкормки целесообразны только, если до посева весной по каким-то причинам вся доза не внесена сразу. Подкормку проводят в фазу 3-4 листьев N₁₅P₁₀K₂₀.

Применение микроудобрений. На нейтральных и известкованных почвах морковь хорошо отзывается на применение микроудобрений – бор, цинк, марганец, медь. Реко-

мендуется обработка семян водными растворами: Zn – 0,5 %, Cu – 0,5 %, KMnO₄ – 0,2 %.

Формы удобрений. Из азотных – медленнодействующие (мочвиноформальдигид), так как 55-60 % азота поглощается в августе, мочевина; из фосфорных – двойной суперфосфат и в составе комплексных; из калийных – сульфат калия, метафосфат калия, калимагнезия.

Влияние удобрений на качество. Азотные удобрения повышают содержание каротина, но при одностороннем внесении увеличивают содержание нитратов, снижается содержание сахаров, особенно при уборке на пучковый товар. Фосфорные удобрения не влияют на содержание каротина, но повышают содержание сахара и сухого вещества. Калийные удобрения повышают содержание каротина, сахаров и интенсивность фотосинтеза. При недостатке калия нарушается углеводный обмен. Калийные удобрения повышают лёжкость, азотные снижают и при недостатке фосфора лёжкость также ухудшается.

Удобрение столовой свёклы. Свёкла положительно отзывается на хорошо разложившиеся органические и минеральные удобрения, а на кислых почвах сильно нуждается в известковании. Столовая свёкла на всех почвах кроме торфяников хорошо отзывается на внесение органических удобрений, повышая урожайность на 40-60 %. **Дозы органических удобрений** зависят от содержания органического вещества (табл. 33). Эффективным является применение помёта 3-5 т/га в основное или 0,5 т/га в подкормку при разведении 1:10. Обычно органические удобрения вносят под предшественник, урожайность повышается на 30-50 %.

Таблица 33

Дозы органических удобрений для свёклы

| Содержание органического вещества, % | 1-2 | 2-3 | 3-5 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Дозы навоза, т/га | 40-50 | 30-40 | 20-30 |

Дозы минеральных удобрений составляют (NPK)₆₀₋₁₈₀ и зависят от типа почв (табл. 34). Для получения стандартной качественной продукции соотношение между азотом и калием в NPK должно быть 1:1,2-1,5.

Оптимальные сочетания органических и минеральных удобрений на различных почвах обеспечивают максимальную урожайность свёклы во всех почвенно-климатических зонах. На фоне органических удобрений дозы минеральных снижаются вдвое.

Таблица 34

Примерные дозы минеральных удобрений под столовую свёклу, кг/га [5, 7, 12, 20]

| Типы почв | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---------------------|--------|-------------------------------|------------------|
| Дерново-подзолистые | 90-150 | 40-90 | 120-180 |
| Пойменные | 60-120 | 40-90 | 150-200 |
| Торфяники | 30-60 | 60-120 | 140-210 |
| Чернозёмы | 30-90 | 45-90 | 40-90 |

По мнению В.А. Борисова [5] дозы минеральных удобрений должны корректироваться с учётом уровня урожайности моркови, типа почвы и обеспеченности почв питательными элементами (табл. 35).

Таблица 35

Примерные дозы минеральных удобрений под столовую свёклу с учётом планируемой урожайности и типа почв, кг/га [5]

| Почва | Планируемая урожайность, т/га | Дозы азотных удобрений при обеспеченности почв доступном азоте | | | Дозы фосфорных удобрений при обеспеченности почв подвижным фосфором | | | Дозы калийных удобрений при обеспеченности почв обменным калием | | |
|----------------------|-------------------------------|--|---------|---------|---|---------|---------|---|---------|---------|
| | | низкой | средней | высокой | низкой | средней | высокой | низкой | средней | высокой |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Дерново-подзолистая* | 40 | 120 | 90 | 60 | 60 | 40 | 10** | 120 | 120 | 60 |
| | 50 | 150 | 120 | 90 | 80 | 60 | 10** | 180 | 150 | 90 |
| | 60 | 180 | 150 | 120 | - | 100 | 60 | 210 | 180 | 120 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------------------------|----|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|------|-----|
| Минеральная пойменная | 50 | 90 | 60 | 30 | 60 | 40 | 10** | 180 | 150 | 90 |
| | 60 | 120 | 90 | 60 | 80 | 60 | 10** | 210 | 180 | 120 |
| | 70 | 150 | 120 | 90 | - | 80 | 40 | 250 | 210 | 150 |
| Торфянно- болотная | 40 | 60 | 30 | 0 | 60 | 40 | 10** | 150 | 120 | 60 |
| | 50 | 90 | 60 | 30 | 80 | 60 | 10** | 180 | 150 | 90 |
| | 60 | 120 | 90 | 60 | - | 80 | 40 | 250 | 1800 | 120 |
| Чернозём | 50 | 60 | 45 | 30 | 90 | 60 | 45 | 90 | 60 | 0 |
| | 60 | 90 | 75 | 60 | 120 | 90 | 60 | 120 | 90 | 30 |
| | 70 | 120 | 90 | 75 | 150 | 120 | 90 | 150 | 120 | 60 |

* - по фону 30-40 т/га органических удобрений на малогумусных почвах;

** - внесение удобрений в рядки при посеве в рядки.

Для повышения лёжкости свёклу следует возделывать при умеренном азотном и усиленном фосфорно-калийном питании. По данным В.А. Борисова [4], оптимальное соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ в корнеплодах столовой свёклы в период уборки колеблется в пределах от 3:1:2,8 до 2,8:1:3,0.

Обязательный элемент технологии – *припосевное удобрение* свеклы, причем оптимальные дозы его 10 кг/га д. в. P_2O_5 или по 10 кг/га P_2O_5 и N, или P_2O_5 , N и K_2O , а лучшие удобрения – борный суперфосфат, нитрофосы и нитрофоски с соотношением элементов 1:1:1. Для снижения потерь азота (особенно при больших дозах) целесообразно дробное внесение азотных удобрений: 60-70 % до посева и 40-30 % в подкормку в фазе появления четвертой пары листьев. В условиях возможного вымывания калия, особенно при больших дозах его, в зонах достаточного увлажнения допустимо перенесение части общей дозы из основного внесения в подкормку (до 30-40 %) одновременно с азотными удобрениями или в более поздний период до смыкания рядков. Эффективность азотно-калийных подкормок резко возрастает в условиях орошения.

На свёкле можно планировать *две подкормки*: первая после образования первой пары настоящих листьев $N_{20}P_{15}K_{30}$, вторая – перед смыканием рядков $N_{20}K_{60}$

Применение микроудобрений. Обработка семян перед посевом борными удобрениями (или внесение их до посева или в подкормки) – один из залогов получения высоких урожаев корней с повышенным содержанием сахара и отсутствием поражений гнили сердечка. Дозы бора в основное – 1,0-1,5 кг/га, припосевное – 0,4 кг/га, некорневая подкормка – 200-250 г/га, обработка семян – 0,01-0,05 % при расходе 10 л на 1 ц семян. И.А. Гайсин на серых лесных почвах рекомендует для некорневых подкормок совместно с бором применять медь в виде медь-борного препарата ЖУСС-1 (жидкие удобрительно-стимулирующие составы) в дозе 3 л/га при расходе рабочей жидкости 600 л/га в фазу вилочки и в фазу линьки корня (3-4 пары листьев). Прирост урожайности свёклы составил 6,6 т/га или 13,4 %.

Формы удобрений. Навоз и другие органические удобрения под неё следует применять только в перепревшем состоянии, так как менее разложившийся вызывает ветвление корнеплодов, что снижает качество и лёжкость их при хранении. Свёкла не реагирует на хлор и положительно отзывается на натрий, поэтому лучшие формы калийных удобрений – натрийсодержащие сырые калийные соли и 40%-ная калийная соль, так как эта культура поглощает много натрия. Из азотных – селитры, фосфорных – водорастворимые. Положительное действие нитратных удобрений объясняется тем, что свёкла требует усиленного азотного питания в сравнительно короткий промежуток времени и почти не использует азот в августе-сентябре, когда происходит усиленный отток ассимилянтов в корнеплод.

Сроки внесения. Свёкла отзывается на непосредственное внесение удобрений и плохо использует последствие минеральных удобрений, то есть наблюдается совершенно противоположная реакция на последствие удобрений по сравнению со столовой моркови.

Редис – широко распространенная культура. Лучшими почвами для весенне-летних сортов являются супесчаные, а для осенних – легкосуглинистые. В отличие от других овощных культур редис имеет короткий вегетационный период, но высокая интенсивность поглощения им элементов питания делает эту культуру требовательной к плодородию почвы. Он хорошо растёт на слабокислых, нейтральных и даже слабощелочных почвах (рН 5,5-7,3). **Известкование под него не проводят.** На почвах с содержанием гумуса 2,0-2,5 % редис выращивают без органических удобрений, при содержании гумуса менее 2 % вносят перепревший навоз или компосты в дозе 20-30 т/га. Обязательным приёмом является **припосевное внесение** фосфора в дозе 10 кг/га д.в. Редис хорошо отзывается на азотные удобрения, дозы азотных удобрений 30-60 кг/га д.в. При низкой и средней обеспеченности почв фосфором рекомендуемые дозы фосфорных удобрений – 60-80 кг/га д.в., при повышений и высокой – достаточно припосевное внесение. На калийные удобрения редис хорошо отзывается при содержании калия в почве меньше 100-150 мг/кг. Дозы калийных удобрений в зависимости от обеспеченности почв калием составляют 60-120 кг/га.

Формы удобрений. Ввиду короткого вегетационного периода из азотных удобрений лучше нитратные, из фосфорных – концентрированные водорастворимые, из калийных – на лёгких почвах, содержащие магний.

Редька – даёт более высокие урожаи на лёгких почвах. Она является влаголюбивой культурой, требует равномерно-

го увлажнения почвы. При недостатке влаги в почве корнеплоды одревесневают, ухудшаются их пищевые качества, и снижается лёжка. Навоз под редьку не вносят, поскольку это способствует формированию корнеплодов аномальной формы. Редька хорошо отзывается на внесение гранулированного суперфосфата в рядки при посеве (P_{10}). Подкормки на ней малоэффективны. По условиям минерального питания она схожа с редисом, но хорошо отзывается на применение азотно-калийных удобрений. Дозы минеральных удобрений – $N_{40-90}P_{40-60}K_{40-90}$. Наибольшую прибавку обеспечиваю калийные удобрения (25 %), затем фосфорные (22 %) и азотные (19 %). Повышенные дозы минеральных удобрений существенно снижают урожайность корнеплодов.

Репка – хорошо растёт на среднекультуренных легкосуглинистых и супесчаных почвах. Под неё не рекомендуется вносить свежий навоз и большие дозы азотных удобрений, так как это вызывает образование пустотелых корнеплодов, излишний рост ботвы и ухудшает вкусовые качества. Нежелательно вносить сырые калийные соли, которые ухудшают консистенцию и цвет корнеплода. Её лучше размещать после культур, под которые вносили органические удобрения. Во избежание поражения килой её возвращают на то же поле не раньше чем через 5-6 лет. Репу лучше выращивать при применении умеренных доз минеральных удобрений – $N_{40-60}P_{40-60}K_{60-90}$. Подкормку можно планировать лишь на малопродуктивных почвах.

Хрен – требователен к условиям минерального питания и почвенному плодородию. Лучшие для хрена – глубокие гумусированные нейтральные суглинки, хорошо обеспеченные влагой. На тяжелых почвах он теряет товарные качества, а на легких страдает от недостатка влаги и корни теряют острый вкус. Оптимальная реакция почвенной среды рН 6,0-6,5. Бо-

лее кислые почвы следует известковать, но известь следует вносить под предшественник. Хрен хорошо отзывается на органические удобрения. Перед закладкой плантации под глубокую зяблевую вспашку вносят 40-50 т/га полуперепревшего навоза. Если осенью навоз внести не удалось, то рано весной под перепахку зяби вносят 30-40 т/га перегноя. Он хорошо отзывается на минеральные удобрения и не боится повышенной концентрации солей в почве. На среднеплодородных почвах дозы минеральных удобрений составляют $N_{120}P_{90-120}K_{150-180}$. Первую междурядную обработку посевов хрена сочетают с подкормкой минеральными удобрениями. В первую подкормку вносят $N_{15}P_{20}K_{20}$. Вторую подкормку совмещают с подокучиванием, дозы минеральных удобрений удваивают. При одностороннем удобрении азотом урожайность хрена снижается.

Корни хрена потребляют большое количество серы, которая требуется для синтеза алкалоидов, придающих корням острый вкус. Поэтому при выборе форм удобрений предпочтение следует отдавать серосодержащим удобрениям – сульфату аммония, сульфату калия и простому суперфосфату.

Петрушка – растение холодостойкое, всходы выдерживают заморозки до 7-9°C, взрослое растение переносит осенние заморозки до 12°C. Она очень требовательная культура к плодородию почв и условиям минерального питания. Петрушка требовательна к реакции почвенной среды, оптимальная реакция составляет pH_{KCl} 6-7. Лучшими почвами для неё являются окультуренные лёгкие суглинки и супеси с высоким содержанием органического вещества. По биологическим особенностям она близка к моркови, но предъявляет более высокие требования к фосфорному питанию. Корневая петрушка, прежде всего, отзывается на фосфорные удобрения, а листовая – на

азотные. Дозы удобрений под корневую петрушку можно применять такие же, что и под морковь, но с увеличением доз фосфорных на 25-30 %. Под листовую петрушку необходимо с осени вносить навоз 40-50 т/га в сочетании с минеральными $N_{60}P_{60}K_{60-90}$. При отсутствии навоза дозы минеральных удобрений увеличивают – $N_{90}P_{90}K_{120}$. Следует избегать внесения дозы азота более 90 кг/га. Применение высоких доз азотных удобрений приводит к накоплению нитратов. При посеве вносят фосфор до 20 кг/га. Половина азотных и калийных удобрений вносят до посева, оставшаяся часть в две подкормки. Первую подкормку проводят в период образования растениями 2-3 настоящих листьев, вторую – через 20-25 дней.

Петрушка не переносит повторные посевы, как по петрушке, так и по другим из семейства зонтичных. Её возвращают на прежнее место не менее чем через 4 года.

Сельдерей – особенно хорошо растёт на нейтральных суглинистых окультуренных почвах, обеспеченных влагой. Для этой культуры пригодны и низинные торфяники. Он требует глубокой вспашки для хорошего проникновения корней. Сельдерей требует нейтральную реакцию среды (оптимальная рН 6,6-7,0), хорошо отзывается на органические удобрения, поэтому при возделывании этой культуры обязательно внесение с осени 40-50 т/га перепревшего навоза или компоста. У сельдерея отмечается высокая потребность в азоте и калии. 10 т сельдерея потребляют из почвы 60 кг азота, 25 кг P_2O_5 , 100 кг K_2O и 75 кг CaO . На суглинистых почвах под сельдерей необходимо вносить $N_{120}P_{60-90}K_{60-150}$, на торфяниках доза азота снижается до 60 кг/га. Не рекомендуется вносить азотные удобрения свыше 120 кг/га д.в.

Фосфорные удобрения вносят под зяблевую вспашку, калийные – перед посевом. Азотные до 50 % вносят перед

посевом, оставшаяся часть – в две подкормки (в начале июля и в середине августа). По реакции на минеральные удобрения он близок к столовой свёкле. Сельдерей умеренно холодостойкая культура, молодые растения переносят заморозки до минус 3-4°C, взрослые – до минус 6-8°C.

На почвах со слабощелочной и щелочной реакцией растения сельдерея могут испытывать недостаток бора. Первый симптом борной недостаточности – появление коричневых пятен в тканях корнеплода. Позднее образуются пустоты, на самых молодых листьях появляются жёлтые пятна, середина листа отмирает, на черешках образуются поперечные трещины, разрывается конус нарастания. При остром борном голодании проводят некорневую подкормку 0,5 % водным раствором бора.

Сроки внесения удобрений под столовые корнеплоды. Известковые, органические, фосфорные и калийные удобрения вносят под основную обработку почвы осенью, а азотные – весной под предпосевную обработку.

3.5. Удобрение зеленных и тыквенных культур

Зеленные овощные культуры лучше возделывать на нейтральных легкосуглинистых или супесчаных почвах, хорошо удаются они на окультуренных низинных торфяниках. Использование свежего навоза непосредственно под зеленные приводит к ухудшению их вкусовых и товарных качеств, поэтому эти культуры лучше выращивать по последствию навоза или компостов. Лучшими предшественниками являются капуста, огурец.

Салат – очень плохо переносит даже небольшую кислотность, оптимальный интервал реакции почвы рН 6,8-7,2. При увеличении кислотности до рН 6,4 урожайность снижается на 54 %, а при рН 5,4 – на 66-70 %. Известкование непо-

средственно под салат не проводят, лучше вносить известь под предшественник. Обладая поверхностной корневой системой, он предъявляет особые требования к структуре и плодородию почвы. Наиболее пригодны для этой культуры суглинистые и супесчаные почвы среднего гранулометрического состава. Салат скороспелая, интенсивная культура, потребляющая сравнительно большое количество питательных веществ за короткий период. За сутки салат потребляет в 1,5-2 раза больше элементов питания, чем капуста или свёкла. В то же время он относится к культурам чувствительным к повышенной концентрации.

Салат хорошо отзывается на азотные удобрения на почвах, хорошо обеспеченных другими элементами питания. На бедных слабокультуренных почвах избыток азота может вызывать угнетение растений. Из-за слаборазвитой корневой системы он плохо использует почвенный фосфор и требует внесение фосфорных удобрений даже на почвах, хорошо обеспеченных подвижным фосфором. Обязательным приёмом является *припосевное* внесение фосфора в дозе 10 кг/га д.в. *Дозы удобрений* под салат следующие $N_{90-120}P_{60-180}K_{80-90}$ и корректируются в зависимости от агрохимических показателей. Половину дозы азота можно дать в 1-2 подкормки при поливе, оставшуюся часть перед посевом, фосфорно-калийные лучше вносить под вспашку [26].

Отношение к формам минеральных удобрений – хорошо растворимые, высококонцентрированные.

Шпинат – лучше выращивать на более тяжёлых почвах. На известкованных и карбонатных почвах страдает от недостатка железа. Корневая система у шпината слабо развитая и располагается в основном в пахотном слое. Эта культура особенно отзывчива на азотно-калийные удобрения. На дерново-подзолистых почвах нужно вносить $N_{90-120}P_{40-60}K_{90-120}$, на пойменных дозы калийных увеличивают до 120-150 кг/га. В под-

кормки целесообразно давать азотно-калийные удобрения по 20-30 кг/га д.в. 1-2 раза с поливом. Подкармливают, как правило, озимые посадки шпината. Шпинат в фазе всходов солеустойчив, поэтому применяют высококонцентрированные минеральные удобрения.

Укроп – сравнительно малотребовательная культура к почвенному плодородию и удобрениям. Выносит с урожаем небольшое количество питательных элементов. Дозы минеральных удобрений под укроп $N_{60-80}P_{40-60}K_{60-90}$. Часть азотно-калийных удобрений ($N_{30}K_{30}$) можно давать в подкормку с поливом. При выращивании укропа на раннюю зелень рано весной можно провести подкормку азотом (N_{30-40}), а для получения засолочного укропа целесообразно усилить фосфорно-калийное питание.

Щавель – может расти на кислых почвах, известковать почвы под эту культуру не следует. Лучшими участками под него являются незаливаемые, водопроницаемые, богатые органическим веществом суглинки. Можно выращивать эту культуру на супесчаных, заправленных органическими удобрениями дерново-подзолистых и пойменных почвах. Плантации щавеля закладывают на 3-4 года. Мало гумусные почвы удобряют навозом из расчета 40-50 т/га и вносят минеральные удобрения $N_{90-120}P_{60-80}K_{60-90}$. После каждого сбора и рано весной проводят подкормку растений азотными удобрениями N_{30-60} . Для лучшей перезимовки растений осенью целесообразно подкормить щавель фосфорно-калийными удобрениями $P_{40-50}K_{60-90}$.

Ревень – выращивают на одном месте 10-15 лет. Эта культура чрезвычайно отзывчива на минеральные и органические удобрения, так как растения развивают очень большую вегетативную массу. Ревень целесообразно размещать на внесевооборотном участке, хорошо заправленном органическими удобрениями. Лучшими почвами для него являются

окультуренные суглинки с нейтральной реакцией почвенной среды. Если почвы кислые, осенью перед закладкой плантации их известкуют, вносят 80-100 т/га навоза. Минеральные удобрения вносят из расчета $N_{90-150}P_{80-100}K_{150-200}$. В зависимости от содержания в почве питательных веществ. Регулярно после сбора урожая ревеня подкармливают азотно-калийными удобрениями $N_{40-60}K_{90-120}$. Ревень влаголюбивая и холодостойкая культура. В отличие от петрушки, сельдерея он может расти в затенённых местах.

Спаржа – лучше выращивать на хорошо окультуренных почвах и осушенных мощных торфяниках. Спаржа не выносит кислой реакции почвенного раствора. Перед закладкой плантации в почву вносят 250-300 т навоза на 1 га или 200 т перегноя, минеральные удобрения вносят из расчета $N_{100-150}P_{200-300}K_{250-300}$. Весной проводить подкормку азотно-калийными удобрениями $N_{60-80}K_{60-90}$.

Кабачки и патиссоны – по своим требованиям близки к огурцу. Они хорошо отзываются на органические и минеральные удобрения, в то же время интенсивно используют труднорастворимые питательные вещества из почвы. Лучшие для них почвы – гумусированные лёгкие суглинки и супеси с нейтральной реакцией среды (рН 6-7). Благодаря мощной корневой системе они хорошо используют труднорастворимые фосфаты и другие питательные вещества из глубоких слоёв почвы.

Система удобрения кабачков и патиссонов следующая: внесение навоза 60-80 т/га и минеральных удобрений в дозах $N_{90-120}P_{90-120}K_{120-180}$. Половину азотных удобрений целесообразно внести в подкормки с поливом в начале цветения и образования завязи, на легких почвах целесообразно часть калийных удобрений давать в виде подкормок. Фосфорные удобрения совместно с органическими вносят под основную

обработку почвы. К формам удобрений данные культуры не требовательны.

Тыква – лучше растёт на богатых перегноем суглинках. Оптимальная рН 5,5-6,0, она более устойчива к кислотности почвы и не требует известкования. Тыква лучше растёт на почвах с глубоким залеганием грунтовых вод (глубже 2 м), мощным гумусовым горизонтом (35-40 см), содержанием гумуса более 2-2,5%, содержанием доступных форм фосфора и калия более 100-150 мг/кг почвы. Во избежание болезней возвращение тыквы на прежнее место рекомендуется не реже, чем через 3-4 года.

Тыква относится к культурам с высокой отзывчивостью на минеральные и органические удобрения. В Нечерноземной зоне тыква более отзывчива на азотно-калийные удобрения, а в южных регионах – на азотно-фосфорные, а наибольший эффект достигается при совместном применении органических удобрений с минеральными. Тыква хорошо переносит повышенную концентрацию почвенного раствора. Дозы органических удобрений 80-100 т/га и минеральных $N_{120-150}P_{120-150}K_{150-180}$. Часть азотных или азотно-калийных можно дать в 1-2 подкормки – в период цветения и в начале созревания плодов. Фосфорные удобрения совместно с органическими вносят под основную обработку почвы. Тыква хорошо отзывается на подкормки растений в период вегетации азотно-калийными удобрениями и регуляторами роста (гумат, эпин, циркон). Лучшие формы удобрений под тыкву – сульфат аммония, мочевины, сернокислый калий, калимагнезия. [5, 9, 21].

Контрольные вопросы и задания:

1. Требования культур к почвенному плодородию. 2. Каковы особенности питания и удобрения капусты белокочанной и цветной? 3. Расскажите об особенностях питания и удобрения столовых корнеплодов (свёкла, морковь). 4. Каковы особенности питания и удобрения лука? 5. Какие овощные культуры относятся к зеленым, их требования к почва и элементам питания. 6. Расскажите об особенностях питания и удобрения тыквенных овощных культур.

3.6. Удобрения огурца и томата в открытом и защищённом грунте

3.6.1. Особенности питания и удобрение огурца

Особенности питания. Огурец древняя культура, однолетняя, теплолюбивая. При температуре ниже плюс 10°С семена загнивают. Эта культура требовательна к плодородию почв и содержанию в ней органического вещества. Нужно выращивать на окультуренных и плодородных почвах с нейтральной реакцией (рН 6,5-7,0). Лучшими являются легкосуглинистые высокогумусные почвы. На супесях огурец страдает от недостатка влаги, на тяжелых от избытка влаги и недостатка кислорода. Коневая система обладает низкой усвояющей способностью. Из минеральных удобрений азот используется на 40 %, фосфор – на 8-10 % и калий – 20-30 %. Огурец относится к культурам, которые не переносят высокой концентрации солей в почвенном растворе. Из-за высокого осмотического давления высыхают и отмирают сначала самые тонкие корневые волоски, а затем и более утолщённые. Раствор высокой концентрации, попадая в русло сосудов, прежде всего, сжигает паренхиму, расположенную вдоль жилок листа. Отрицательное влияние повышенной концентрации усиливается в солнечные дни. В тоже время он отличается интенсивным потреблением элементов питания за сравнительно короткий период времени (табл. 36).

Таблица 36

Потребление питательных веществ, % [12]

| Дни | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| 16 (критический период) | 6 | 8 | 3 |
| 30 | 28 | 24 | 16 |
| 44 (период максимального потребления) | 56 | 47 | 41 |
| 58 | 76 | 75 | 69 |
| 75 | 100 | 100 | 100 |

От всходов до начала цветения (30-35 дней) в растение поступает не более 10 % питательных веществ, от начала цветения до образования завязей (5-7 дней), эта величина составляет 20 %, основная часть расходуется в период плодоношения и, особенно в начале плодоношения. Поэтому особенно огурец отзывчив на подкормки в начале плодоношения. Огурец предъявляет разные требования к элементам питания. Если в первый период не дать азот, то образуются только мужские цветки, калий необходим для образования плетей, фосфор – для развития корневой системы и равномерного созревания плодов. При недостатке азота листья образуются мелкие и в основном направлены вверх. Пластинки более старых листьев преждевременно желтеют, а затем это распространяется и на более молодые. Плетви тонкие, твёрдые и быстро древеснеют. Завязи интенсивно осыпаются, плоды бледной окраски, укороченные, ромбической формы. При недостатке фосфора молодые листья приобретают тёмно-зелёный цвет, старые – серо-зелёный. В дальнейшем появляются некротические жёлто-коричневые пятна. Лист становится морщинистый и загибается вверх. При недостатке калия края старых листьев приобретают более светлую окраску, затем весь лист становится желто-зелёным с некротическими пятнами по краям. Края листьев загибаются вниз, лист теряет тургор. Плоды образуются неправильной формы (крючковые). Вынос $10 \text{ т N}_{30-32} \text{P}_{12-15} \text{K}_{42-45}$.

Огурец требователен к влаге, некоторые сорта склонны к образованию горечи. Чаще это происходит в жаркую погоду и при недостатке влаги. Требовательность огурца к влаге объясняется поверхностным расположением корневой системы в пахотном слое и большой облиственностью. На 1 кг плодов в открытом грунте расходуется в среднем 8-14 л воды, в зимних теплицах – 20-25 л.

Удобрение огурца. Кислые почвы предварительно необходимо известковать по полной гидролитической кислотности под предшественник. Огурец является одной из самых отзывчивых культур на органические удобрения. Внесение их повышает рыхлость и воздухопроницаемость почвы, улучшает условия минерального питания, а выделяющаяся углекислота является дополнительным источником воздушного питания. Всё это благоприятствует росту корневой системы и надземных органов огурца. По данным М.П. Сапуна [21] на дерново-подзолистых слабоокультуренных почвах Беларуси без удобрений урожайность огурца была очень низкой (5,2 т/га). Низинный торф увеличивал продуктивность растений на 8,7 т/га, минеральные удобрения - на 10,5 т/га, а навоз - более чем в 4 раза (на 16,2 т/га).

Нормальное питание огурца создаётся при достаточном содержании элементов питания и невысокой концентрации. В качестве основного удобрения наиболее эффективны органические (лучше свежий навоз) в оптимальных сочетаниях с минеральными удобрениями и в дозах, дифференцированных в зависимости от плановых и возможных урожаев, плодородия почв и ресурсов удобрений.

Дозы органических удобрений в зависимости от содержания органического вещества в почве составляют от 50 до 120 т/га. Вносят навоз весной. Он является источником CO_2 и тепла.

Дозы минеральных удобрений зависят от плодородия почв и уровня планируемой урожайности и могут варьировать в широких пределах: азотные 40-120 кг/га, фосфорные – 60-120 кг/га и калийные – 60-140 кг/га. В нашей зоне они составляют (NPK) по 45-60 кг/га. Минеральные удобрения вносятся дробно – 50 % в основное и 50 % при посеве и в подкормки.

Припосевное удобрение. В течение первых 20 дней с момента появления всходов огурец нуждается в небольших количествах водорастворимых форм припосевного удобрения (P_{10} , или $N_{10}K_{10}$, или $N_{10}P_{10}K_{10}$) в форме суперфосфата или комплексных удобрений. По данным Л.А. Тертычной внесение гранулированного суперфосфата в рядки (10 кг P_2O_5 на 1 га повышает урожайность огурца на 2,8-5,4 т. (цит. по В.А. Борисову, [5]).

Подкормки. Первую подкормку проводят при появлении первого – третьего настоящих листьев, вторую – при появлении завязей или после первого сбора. Дозы минеральных удобрений $(NPK)_{15-20}$, или $N_{40}P_{15}K_{15}$. В начале массового плодоношения целесообразна подкормка растений огурца калийной селитрой или смесью мочевины и калимагнезии ($N_{15}K_{40}$). Огурец хорошо отзывается на подкормки органическими удобрениями: навозной жижей и коровяком – 4-5 т/га, помётом – 0,5 т/га. Навозную жижу разбавляют в 4-5 раз, коровяк – в 6-8, птичий помёт – в 20 раз.

Применение микроудобрений. В основном на известкованных почвах вносят бор, на торфяниках – медь, на чернозёмах – марганец. Дозы – 0,5-1,0 кг/га д.в. Более эффективным является обработка семян. Семена замачивают на 10-12 часов в растворе. На 1 л берут 0,2 г $KMnO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, H_3BO_3 – по 0,1 г.

Формы удобрений – следует отметить, что под огурец нецелесообразно применять низкопроцентные удобрения, хлористые и натриевые соли. Лучше использовать из азотных удобрений аммиачную селитру или мочевину, из фосфорных – двойной суперфосфат, из калийных – сернокислый калий, калийную селитру. На легких почвах полезно внесение калимагнезии.

Сроки внесения. Известковые, фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под основную обработку почвы, а органические и азотные — весной перед посадкой; на легких почвах – все удобрения весной под предпосевную обработку почвы.

3.6.2. Особенности питания и удобрение томата, перца, баклажана

Особенности питания. Томат является теплолюбивой культурой, для своего роста и развития требует температуру не ниже 15°C. В нашей зоне возделывается только рассадным способом. Хорошо растет на плодородных и окультуренных почвах легкого и среднего механического состава, с высокими запасами доступного фосфора. Культура очень отзывчива на содержание P_2O_5 в почве, без повышенного фосфорного питания она не дает высокого урожая. Томат - культура довольно широкого интервала рН (5,2-7,1) и может хорошо расти на слабокислых почвах, однако оптимальная реакция почвенного раствора для нее нейтральная - рН 6,0-6,7. Поэтому на кислых почвах томат может значительно увеличивать урожайность от внесения извести. Малопригодны для томата пониженные участки с близким залеганием грунтовых вод. Потребление питательных элементов этой культурой продолжается в течение всего периода вегетации, причем максимум наблюдается с начала плодообразования и заканчивается для фосфора и калия примерно за 20-30 дней до конца вегетации. По данным З.И. Журбицкого [11] до плодоношения потребляется около 7% от общего количества, остальное количество в период плодоношения (табл. 37).

Таблица 37

Потребление питательных веществ, %

| Месяцы | N | P_2O_5 | K_2O |
|--------|-----|----------|--------|
| Июнь | 4 | 6 | 5 |
| Июль | 29 | 39 | 39 |
| Август | 100 | 100 | 100 |

Для молодых растений, хотя требуется меньше питательных веществ, но в более усвояемой форме и бесперебойном их поступлении.

Отдельные элементы питания оказывают специфическое влияние. Азот обеспечивает формирование вегетативных органов томата, поэтому особенно чувствительны к недостатку азота растения томата в начальный период и в фазе налива плодов. Избыток азота в первый период недопустим, так как сильно развивается вегетативная масса, листья тёмно-зелёные с толстыми мелкими стеблями, сильно поражаются грибковыми заболеваниями. Однако, у растений, испытывающих недостаток азота, плоды формируются мелкие, деревянистые, бледно-зелёные, при созревании ярко окрашенные.

Калий необходим для формирования стеблей и завязей томата. Он способствует накоплению сахаров, ускорению созревания. При недостатке калия замедляется передвижение ассимилянтов, в листьях накапливается аммиачный азот, что приводит к их обезвоживанию и увяданию.

Особенно чувствителен томат к фосфорному питанию, при его недостатке затягивается созревание, не образуются красящие вещества – лейкопины. Плоды плохо созревают, приобретают бронзовую окраску, корни покрываются ржавым налётом. Листья приобретают фиолетовый оттенок, затем на них появляются красноватые пятна, скручиваются. 96 % фосфора сосредоточено в плодах и лишь 4 % в вегетативной массе. На почвах богатым органическим веществом оптимальное соотношение элементов питания следующее – 1,5 : 4 : 1.

К числу дефицитных элементов для растений томата относится кальций. Он стимулирует корнеобразование и формирование наземных вегетативных органов, устраняет вредное действие кислотности. При недостатке кальция наблюдается

увядание растений, отмирание верхушечных стеблей и точки роста.

На образование 1 т плодов требуется 2,5-3,2 кг азота, 0,8-1,2 кг фосфора и 5,0-5,5 кг калия.

Подготовка семян к посеву. Семена прогревают в течение 2-х часов при температуре 57-60°C. Перед посевом семена можно замачивать на 12 часов в растворе удобрений. На 1 л раствора берут по 5 г калийной селитры и двойного суперфосфата, 1 г KMnO_4 , по 0,1 г ZnSO_4 , CuSO_4 , H_3BO_3 , затем семена подсушивают.

Смеси для выращивания рассады. Рассаду выращивают в торфоперегнойных горшочках, торфяных кубиках и блоках. По рекомендациям НИИОХ смесь готовят при помощи 6-8-месячного компостирования следующих компонентов (% , без добавления в последующем минеральных удобрений):

1) торф 60, навоз 20, полевая почва 7, навозная жижа 10, фосфоритная мука 3;

2) торф 70, соломенная резка, солома и др. 5, навозная жижа 15, полевая почва 7, фосфоритная мука 3.

Хорошую смесь для выращивания рассады любых овощных культур получают при смешивании равных объемов влажного (около 80 %) торфа с дерновой почвой или навозно-земляного компоста с добавлением минеральных удобрений: на 1 м³ смеси вносят 0,85 кг аммофоса, 0,5 кг сульфата калия и 0,25 кг калийной селитры. К торфу перед смешиванием его с почвой добавляют доломит: на 1 м³ верхового торфа 2 кг, переходного 1,5 и низинного 1 кг. При таком количестве удобрений рассаду выращивают без подкормок.

Выращивать рассаду можно на чистом верховом торфе с добавлением на 1 м³ его 3 кг доломита, 1 кг аммофоса, 0,6 кг калийной селитры, 0,25 кг сульфата калия, по 50 г сульфата

меди и железа, 15 г борной кислоты, 12 г сульфата марганца, 10 г молибдена аммония и 3 г сульфата цинка. Рассадку томата высаживают в 55-60-дневном возрасте.

При разработке системы удобрения необходимо учитывать отзывчивость томата на различные виды удобрений в зависимости от типа почвы (табл. 38)

Таблица 38

Эффективность удобрений под томат на различных почвах (сводные данные), [5]

| Почва | Урожайность томата без удобрений, т/га | Прибавки от внесения, % | | | | |
|--|--|-------------------------|---------|-------|--------|-------------|
| | | азота | фосфора | калия | навоза | НРК+ навоза |
| Дерново-подзолистая окультуренная (Московская область) | 19,0 | 0 | 14 | 15 | 0 | 0 |
| Тёмно-серая лесная среднесуглинистая (Мордовия) | 21,0 | 33 | 54 | 9 | - | - |
| Выщелоченный чернозем (Алтайский край) | 31,6 | 19 | 18 | 21 | 26 | 25 |
| Типичный чернозем (Воронежская область) | 41,1 | 15 | 19 | 39 | 19 | 6 |
| Лугово-черноземная (Краснодарский край) | 26,1 | 14 | 15 | 7 | 19 | 27 |

На окультуренных дерново-подзолистых почвах наибольшее влияние оказывают фосфорно-калийные удобрения, на тёмно-серых среднесуглинистых и лугово-чернозёмных – азотно-фосфорные, типичных чернозёмах – калийные, на выщелоченных чернозёмах Алтая эффективны все виды минеральных удобрений и органические.

Основное удобрение. На кислых почвах вносят известь, на бедных почвах с осени органические удобрения – 30-50 т/га. На почвах богатых органическим веществом органические удобрения лучше не вносить во избежание жирования.

Дозы минеральных удобрений зависят от плодородия почв и уровня урожайности. В.А. Борисов [5] рекомендует следующие примерные дозы минеральных удобрений (табл. 39).

Таблица 39

Примерные нормы минеральных удобрений под томат на различных почвах, в кг действующего вещества на 1 га, [5]

| Почва | Планируемая урожайность, т/га | Дозы азотных удобрений при обеспеченности почв доступным азоте | | | Дозы фосфорных удобрений при обеспеченности почв подвижным фосфором | | | Дозы калийных удобрений при обеспеченности почв обменным калием | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--|---------|---------|---|---------|---------|---|---------|---------|
| | | низкой | средней | высокой | низкой | средней | высокой | низкой | средней | высокой |
| Дерново-подзолистая окультуренная* | 20 | 60 | 30 | - | 140 | 120 | 80 | 90 | 60 | - |
| | 30 | 90 | 60 | 30 | 160 | 140 | 100 | 120 | 90 | 30 |
| | 40 | 120 | 90 | 60 | -- | 160 | 120 | 150 | 120 | 60 |
| Выщелоченные и типичные чернозёмы | 30 | 30 | 30 | - | 120 | 100 | 60 | 90 | 90 | 30 |
| | 40 | 60 | 60 | 30 | 130 | 120 | 80 | 120 | 120 | 60 |
| | 50 | 90 | 60 | 30 | - | 140 | 100 | 150 | 150 | 90 |
| Обыкновенные южные чернозёмы | 40 | 90 | 60 | 30 | 90 | 60 | 30 | 75 | 75 | - |
| | 50 | 120 | 90 | 60 | 120 | 90 | 45 | 90 | 90 | - |
| | 60 | 150 | 120 | 90 | 150 | 120 | 60 | 120 | 120 | 60 |

В условиях Предуралья рекомендуется вносить – N₆₀₋₉₀P₉₀₋₁₂₀K₉₀₋₁₂₀.

Удобрения вносят дробно – 50 % в основное и 50 % в подкормку и при высадки рассады.

При высадке рассады в лунки вносят (по 10 кг/га д. в.) суперфосфат, или нитроаммофос, или нитроаммофоску, по данным В.А. Борисова [3] лучшим является $N_{10}P_{12}K_{10}$.

Подкормки. Первую подкормку проводят в период бутонизации $(NK)_{15}P_{20}$ или $N_{20-30}P_{20}K_{20}$, вторую – в период образования плодов $(NPK)_{20}$, или N_{20-30} , или $(KP)_{20}$. Для повышения урожайности и скороспелости томата часто практикуют внекорневую подкормку растений в начале цветения первой кисти – 0,5%-ной вытяжкой суперфосфата (30 кг удобрения и 600 л воды на 1 га). Для подкормки лучше использовать высокопроцентные, безбалластные удобрения (мочевину, двойной суперфосфат, сульфат калия), так как низкопроцентные удобрения, особенно хлористые соединения, могут снизить качество плодов.

Применение микроудобрений. В основное на известкованных почвах вносят бор 3 кг/га, на торфяниках – медь и на чернозёмах – марганец по 1,0-1,5 кг/га д.в. Более эффективным является обработка семян.

Формы удобрений – особых требований к формам минеральных удобрений томат не предъявляет. На лёгких почвах может проявляться недостаток магния, поэтому на таких почвах лучшими формами калийных удобрений являются магнийсодержащие – калимаг, калимагнезия, полигалит.

Сроки внесения. Известковые (если нужно) вносят осенью под основную обработку почвы, фосфорно-калийные – осенью под основную обработку почвы, весной при высадке рассады и в подкормку, азотные весной под предпосевную культивацию, при посеве и в подкормку.

Баклажан – очень требовательная к теплу культура, возделывается в открытом грунте в южных регионах России, а в более северных – через рассаду в теплицах или в пленочных укрытиях.

Баклажан лучше растет на легких, гумусированных почвах с нейтральной реакцией среды, высоким содержанием органического вещества. Резко снижает урожайность на тяжелых почвах с близким залеганием грунтовых вод. На почвах с невысоким содержанием гумуса хорошо отзывается на внесение перепревшего навоза или перегноя. В средней полосе баклажан хорошо отзывается на калийные удобрения.

Наибольшее количество азота, фосфора и калия потребляется баклажаном в период бутонизации и цветения. Способность баклажана накапливать в урожае большое количество питательных веществ и слабо развитая его корневая система, расположенная главным образом в пахотном горизонте, обуславливают повышенную его отзывчивость на удобрения. Однако действия минеральных удобрений на урожай баклажана в значительной мере зависит от почвенно-климатической зоны, гранулометрического состава, плодородия почв и общего уровня агротехники.

На дерново-подзолистых песчаных, супесчаных, суглинистых и серых лесных почвах, на выщелоченных черноземах наибольшая потребность бывает в азоте. На легких по гранулометрическому составу почвах, а также на пойменных и торфяных почвах калий часто занимает первое место.

Различий в эффективности форм азотных удобрений при однократном внесении не особенно велики, так что можно с успехом применять любые источники азотного питания для баклажана. Различия проявляются значительно резче при систематическом их применении в севообороте. На тяжелых суглинках они проявляются постепенно с усилением в каждой последующей ротации, на легких же почвах различия между формами азотных удобрений появляются достаточно резко уже в первой ротации. На фоне извести эффективность различных форм азотных удобрений на суглинках выравнивается.

Формы фосфорных удобрений для баклажана ни при однократном, ни при систематическом применении не вызывают резких изменений в урожаях. В действии большей части форм фосфорных удобрений не обнаружено устойчивых различий ни между собой, ни в зависимости от кислотного фона. По характеру действия выделяется только фосфорная мука. Внесённая в одинарной, она даёт несколько пониженную прибавку урожая по сравнению с равной её по содержанию дозой P_2O_5 суперфосфата.

Различные формы калийных удобрений в зависимости от свойств почвы по-разному действуют на баклажаны. На почвах лёгкого гранулометрического состава калийно-магнезиальные соли эффективнее хлористого и сернокислого калия. На черноземах различные формы калийных удобрений по эффективности часто сближаются.

Весьма эффективны под баклажан сложные удобрения. Особенно высокое их действие проявляется при местном внесении. Прибавки в этом случае от удобрений более высокие, чем от эквивалентной смеси простых туков. В основном внесении вразброс с заделкой урожай от сложных удобрений и смеси простых туков будет практически одинаковым.

Существенное влияние на баклажан оказывают микроудобрения – бор, марганец, медь, цинк, и некоторые другие элементы, находящиеся в растении в незначительном количестве.

При недостатке бора у баклажана снижается количество цветков, происходит отмирание завязи и отмирание точек роста. Бор ускоряет прорастание пыльцы и усиливает ее жизнеспособность, влияет на развитие завязей и семяпочек и ягод. Присутствие бора способствует притоку сахаров к точкам роста растений, цветам, плодам и корням. Важная его особенность - усиливать стойкость растений к засухе и недостатку солей. При недостатке бора наступает явление бор-

ной недостаточности (борное голодание). Это проявляется в отмирании точек роста и задержке развития корневой системы.

Марганец ускоряет рост, улучшает цветение и плодоношение. При его нехватке урожайность резко снижается. Недостаток марганца чаще всего проявляется на черноземных и дерново-карбонатных почвах, особенно на песчаных и супесчаных, а также торфяниках. Дерново-подзолистые кислые почвы характеризуются высоким содержанием подвижного (обменного) марганца, поэтому применение марганцевых удобрений на этих почвах может оказать отрицательное действие. При известковании кислых почв внесение марганцевых удобрений будет эффективным.

Медь участвует в таких биохимических процессах протекающих в баклажане, как синтез белка и нуклеиновый обмен. Ионы меди стимулируют начальные стадии усвоения аммиака баклажаном, играют важную роль в азотном обмене. Так же медь может входить в состав ферментов – природных белковых катализаторов. Этот элемент не может быть заменен никакими другими. Баклажан при отсутствии меди в питательной среде, исчерпав все запасы этого элемента, содержащегося в семени, погибает. При нехватке меди задерживается рост и развитие, снижается урожай и может привести к гибели. Болезнь при недостатке меди называется "белая чума". Симптомы ее таковы: светло-зеленая окраска растений, сильная кустистость, засыхание стебля.

Цинк входит в состав некоторых ферментов, которые участвуют в окислительно-восстановительных реакциях растения. Чаще недостаток его наблюдается на щелочных почвах. Недостаток цинка приводит к изменениям в углеводном, белковом, фосфорном, обмене, в образовании ростовых веществ ауксинов. При его недостатке резко нарушается рост междоузлий, формируются низкорослые растения, листья растут узкими, закрученными.

Дефицит цинка вызывает обесцвечивание листа между жилками, жилки выделяются четкой зеленой сеткой. Появляется некроз. Замедляется рост корней. Цветки становятся уродливыми, теряют яркость цвета.

Баклажан очень хорошо реагирует на внесение органических удобрений. Это объясняется тем, что потребность его в питательных веществах сначала очень слабая, затем постепенно возрастает. Под баклажаном вносят 10-15 тонн разложившегося навоза на гектар.

Баклажаны хорошо отзываются и на минеральные удобрения. Наибольшее положительное действие на массу растений баклажана оказывают азотные удобрения, на получение раннего урожая азотно-фосфорные, для общего товарного урожая - повышенные дозы минеральных удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$).

Рассаду баклажан первый раз подкармливают на стадии образования пары настоящих листьев калием и азотом. Вторую подкормку вносят за две недели до высадки рассады. На этом этапе молодым растениям необходим калий, азот и фосфор.

Для того чтобы корневая система хорошо развивалась уже через 14 дней после высадки, применяют те же удобрения что и в предыдущий раз. В период формирования завязей азотсодержащие вещества исключают, подкормку проводят калийно-фосфорными удобрениями. Отличные результаты дает чередование минеральных и органических удобрений. Из азотных можно использовать сульфат аммония – включает в себя такие вещества как сера и азот. Не рекомендуется использовать его на почвах с повышенной кислотностью; калийная селитра – восполнит дефицит азота и калия.

Перец сладкий очень требователен к условиям возделывания (свету, теплу, влаге, почве). Это одна из наиболее

чувствительных культур к теплу (оптимум температуры воздуха 23-25°C), поэтому наиболее высокие и устойчивые урожаи дает в самых южных регионах России. В Нечернозёмной зоне возделывается в плёночных теплицах.

Перец требователен к гранулометрическому составу почвы, лучше растет на легких структурных суглинках слегка карбонатными, и прогреваемыми почвами. На холодных тяжелых почвах перец развивается плохо, дает более низкий урожай и поражается вертициллёзным увяданием. Почвы, богатые гумусом и высоким содержанием питательных элементов с глубоким залеганием грунтовых вод, обеспечивают максимальную продуктивность растений. Оптимум рН для перца лежит в нейтральном интервале (рН 6,5-7,0).

Система удобрения перца зависит от содержания доступных элементов в почве. Поэтому в первую очередь рекомендуется провести анализ почвы. Для получения высоких урожаев рекомендуется вносить 40-50 т/га органических удобрений и $N_{150-170}$, $P_2O_5_{150}$, K_2O_{130} на 1 га. Органические, а также 2/3 фосфорных и калийных удобрений, вносят с осени, а азотные и остаток фосфорно-калийных – в течение вегетации в подкормки. Первую подкормку проводят через 7–10 дней после высадки рассады. На 1 га вносят N_{15-20} , $P_2O_5_{20-25}$, K_2O_{30-45} . Вторую подкормку проводят во время массового цветения азотом в дозе 15-20 кг, третью – при нарастании плодов калием 25-45 кг/га. При выращивании перцев нельзя забывать о магнии и кальции. Нехватка магния может вызвать осыпание листьев, снижения урожайности и качества плодов. Его нужно вносить 80-100 кг д.в. на га. Кальций применяют в процессе вегетации, поскольку этот элемент плохо усваивается с почвы. Применение нитрата или карбоната кальция 3-4 раза в качестве листовой подкормки, начиная с завязывания первых плодов, удовлетворяет потребность растения в этом элементе и предупреждает появление вер-

шинной гнили. Перец не переносит хлорсодержащие удобрения, поэтому применяют удобрения без содержания хлора. Из калийных лучшей формой является сернокислым калием, из азотных – аммонийная селитра. [15, 12, 26]

3.6.3. Удобрения огурца и томата в защищенном грунте

Урожай культур защищенного грунта и дозы удобрений под них в 4-6 раз выше, чем в открытом грунте (в поле), причем значительную часть удобрений применяют в виде подкормок для предотвращения повышенных концентраций солей в корнеобитаемой среде. Агрохимический контроль за содержанием элементов в растениях и грунтах здесь проводят ежемесячно (или чаще) на протяжении всей вегетации культур. В теплицах в течение года можно выращивать по 40-50 кг/м² овощной продукции. Для таких урожаев нужны не только удобрения, но и плодородные почвогрунты.

Состав и свойства тепличных грунтов зависят от местных ресурсов; их составляют из одного, двух и более компонентов. Торф всех типов – обязательный компонент (от 40 до 100 %) всех почвогрунтов.

Таблица 40

Характеристика торфов для защищенного грунта, [6]

| Торфяная продукция | Тип торфа | Степень разложения, % | Зольность, % | Содержание влаги, % | Кислотность рН (KCl) |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| Грунты | верховой и переходный | ≤ 25 | ≤ 20 | 50-60 | не нормируется |
| Торфодерновые ковры | верховой | ≤ 15 | ≤ 20 | 65-80 | ≤ 3,0 |
| Горшки торфяные | верховой | ≤ 15 | ≤ 8 | ≤ 55 | не нормируется |
| Торфяные питательные брикеты | верховой | ≤ 8 | ≤ 8 | ≤ 53 | 2,5 - 3,5 |
| Торфоблоки субстратные | верховой | ≤ 15 | не нормируется | не нормируется | то же |
| Микропарники | верховой | ≤ 15 | ≤ 15 | ≤ 60 | то же |

Торф, на основе которого готовят грунты, должен соответствовать требованиям ТУ 214 РСФСР 9–150–84 (табл. 40): массовая доля влаги – 50-60 %, зольность – не более 20 %, кислотность (рН сол.) – 2,5-6,0; засоренность древесиной, корневищами размером свыше 25 мм – не более 8 %.

В зимних теплицах применяются торфяные грунты многолетнего пользования, ежегодно добавляя к ним навоз, опилки или измельченную древесную кору. Торф в таких грунтах должен составлять не менее 40-50 % по объему.

В районах, где нет торфа, почвогрунты готовят из смеси пахотных горизонтов почв (до 80%) с перегноем, навозом или компостом (от 20 %) с добавками в качестве рыхлящих материалов – опилок, древесной коры, соломенной резки.

Так как в большинстве верховые и переходные торфа кислые, то для нейтрализации кислотности проводят их известкование. Известкование кислого торфа следует проводить не позднее, чем за 10-15 дней до посева семян или пикировки сеянцев, а минеральные удобрения вносить за 3-5 дней до посева. Одновременное и заблаговременное перемешивание извести с минеральными удобрениями приводит к потере азота в газообразном состоянии, а водорастворимого фосфора в малоподвижное состояние. Не рекомендуется проводить нейтрализацию кислотности одной доломитовой мукой, так как в таком грунте будет ссужено соотношение между кальцием и магнием. Повышенное содержание магния угнетает развитие растений в связи с антагонизмом ионов и слабым поступлением кальция. Наиболее благоприятное соотношение между MgO и CaO равно 1 : 5,5.

Возможно выращивание овощей в теплицах и на спрессованной в тюки (0,5×0,5×1 м) свежей и не обработанной гербицидами соломе.

Все необходимые компоненты грунтовой смеси завозят в теплицу за 3 недели до высадки растений, тщательно разравнивают слоем 30 см, фрезеруют и перепахивают на всю глубину. Затем отбирают пробы готового почвогрунта и анализируют их на реакцию (рН), содержание подвижных элементов (N, P₂O₅, K₂O, MgO) и водорастворимых солей. По результатам анализов в почвогрунт равномерно вносят необходимые дозы макро-, микроудобрений и мелиорантов, после чего его еще раз тщательно фрезеруют.

Чрезвычайно важно, чтобы содержание воздуха в почвогрунте было не ниже 10-12 %, а пористость составляла 50-60 %. Запасы воздуха в почвогрунтах при полной влагоёмкости через 5-6 лет могут снизиться в 2-3 раза, со временем уменьшается и влагоёмкость. Для предотвращения этих явлений необходимо тщательно соблюдать режимы питания возделываемых культур, применять качественные органические и концентрированные безбалластные минеральные удобрения в сочетании с периодическим (через 4-5 лет) добавлением рыхлящих материалов: опилок (20-30 % объема), соломенной резки (0,5 кг/м²) или веществ – структурообразователей (производные акриловой, метакриловой и малеиновой кислот).

С соломой, опилками в почвогрунты вносят 20 г/м² N в виде NH₄NO₃, затем через неделю после высадки растений проводят подкормку в дозе 10 г/м² N, а следующие – через каждые две недели по результатам анализов почвогрунтов и растений.

Подпочва теплиц должна быть легкого гранулометрического состава, а еще лучше иметь под почвогрунтами дренажные системы.

В защищенном грунте для выращивания огурца и томата применяется рассадный метод. Способ выращивания – гор-

печный. Горшки заполняют смесью состоящей из 70 % торфа и 30 % перегноя. На 1 м³ такой смеси вносят: под огурец N 150 г, P₂O₅ 400 г, K₂O 350 г и MgO 40 г; под томат – N 300г, P₂O₅ 400 г и K₂O 350 г. Под обе культуры вносят микроэлементы, г/м³: медь – 1,5, бор – 0,5, молибден – 3, марганец – 2,25, цинк – 0,7. рН_{сол.} должна быть равна 5,6-6,3. При рН_{сол.} больше 6,5 уменьшается подвижность фосфора, железа, марганца и бора. В период выращивания рассады растениям больше необходимы азот и калий. Оптимальное содержание питательных веществ в грунте для огурца в мг/кг составляет: ∑ N – 80-130, P₂O₅ – 40-50, K₂O – 200-300, MgO – 55-65; для томата: ∑ N – 40-60, P₂O₅ – 90-100, K₂O – 200-300, MgO – 75-85.

Система удобрения огурца и томата. Система удобрения культур в защищенном грунте включает основное удобрение и подкормки.

Дозы минеральных удобрений рассчитывают несколькими методами: с учётом обеспеченности грунтов элементами питания, по содержанию органического вещества или по выносу элементов питания планируемой урожайностью.

Дозы минеральных удобрений с учётом обеспеченности почвогрунтов приведены в таблице 41.

Таблица 41

Дозы элементов питания (г/м²) при разной обеспеченности почвогрунтов водорастворимыми элементами [12]

| Обеспеченность грунта | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|-----------------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|-------|
| Огурец | | | | | |
| Низкая | 20-30 | 45-60 | 45-60 | 20-30 | 15-20 |
| Умеренная | 10-20 | 25-45 | 30-45 | 10-20 | 10-15 |
| Нормальная | 0-10 | 0-25 | 0-30 | 0-10 | 0-10 |
| Томат | | | | | |
| Низкая | 10-25 | 45-60 | 75-90 | 30-35 | 35-45 |
| Умеренная | 5-10 | 25-45 | 50-75 | 20-30 | 30-35 |
| Нормальная | 0-5 | 25-45 | 25-50 | 15-20 | 20-30 |
| Повышенная | - | - | 0-25 | 10-15 | 10-20 |

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений при выращивании огурца и томата на верховом торфе при влажности 60 % и насыпной плотности 250 кг/м³ или 100 кг сухого вещества приведены в таблице 42.

Наиболее часто расчёт доз удобрений проводят методом поддержания оптимального уровня элементов питания в грунте – по разнице между оптимальным и фактическим его содержанием по формуле:

$$Дэ. = (C_{опт.} - C_{факт.}) \times O_{гр.} / K \times 1000,$$

где Дэ. – доза элемента питания; г/м²; C_{опт.} – оптимальное содержание элемента, мг/л раствора; C_{факт.} – фактическое содержание элемента, мг/л раствора; O_{гр.} – объём грунта в слое 0-20 см, л/м²; K – коэффициент использования элементов питания из удобрений; 1000 – коэффициент перевода мг в г.

Таблица 42

Дозы внесения макро- и микроудобрений в верховой торф под огурец и томат (насыпная плотность торфа при влажности 60 % составляет 250 кг/м³, или 100 кг сухого вещества в 1 м³)

| Удобрение | Доза внесения, г | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| | томат | | огурец | |
| | на 1 м ³ торфа | на 1 т торфа | на 1 м ³ торфа | на 1 т торфа |
| Карбамид (мочевина) | 150 | 600 | 180 | 720 |
| Аммонийная селитра | 200 | 800 | 220 | 880 |
| Суперфосфат двойной | 1000 | 4000 | 280 | 1120 |
| Калий сернокислый | 11000 | 4400 | 1400 | 5600 |
| Магний сернокислый | 1000 | 4000 | 500 | 2000 |
| Марганец сернокислый | 8 | 32 | 10 | 40 |
| Цинк сернокислый | 7 | 28 | 3 | 12 |
| Борная кислота | 6 | 24 | 6 | 24 |
| Бура | 10 | 40 | 10 | 40 |
| Аммоний молибденово-кислый | 6 | 24 | 8 | 32 |
| Калий йодистый | 0,1 | 0,4 | - | - |
| Кобальт сернокислый | 0,2 | 0,8 | - | - |
| Медь сернокислая | 10 | 40 | 10 | 40 |

Расчет доз минеральных удобрений для поддержания оптимального уровня элементов питания в грунте можно вес-

ти *по содержанию органического вещества*. Для основной заправки начинают с расчета предельно допустимой концентрации солей (С%) по формуле: $C\% = (2B+15)/100$ или по величине удельной электропроводности солей (мСм/см). Далее определяют оптимальные уровни питательных веществ в грунте по формулам: $N, \text{ мг}/100 \text{ г} = (2B+15) / 3$; $K_2O, \text{ мг}/100 \text{ г} = (2B+15) / 1,5$; $MgO, \text{ мг}/100 \text{ г} = (2B+15) / 5$, где В – содержание органического вещества, %; N, K_2O , MgO – оптимальные уровни содержания азота, калия и магния в грунте.

Дальнейший расчет доз минеральных удобрений можно вести с использованием табличных данных или по формулам, приведенных ниже.

Расчет доз азота: для огурца – $N, \text{ г}/\text{м}^2 = 25,2 - 25,2 \times N / N_0$; для томата – $N, \text{ г}/\text{м}^2 = 31,5 - 18,9 \times N / N_0$.

При расчете рекомендуемой дозы фосфора для огурца и томата применяются следующие формулы. Если грунт используется более 2-х лет: при содержании P_2O_5 менее 2-х мг/100 г – $(P, \text{ г}/\text{м}^2) P, \text{ г}/\text{м}^2 = 60 - 7,5 \times P_2O_5$; при содержании P_2O_5 более 2-х мг/100г – $P, \text{ г}/\text{м}^2 = 67,5 - 11,2 \times P_2O_5$.

При использовании грунта менее 2-х лет: при содержании P_2O_5 менее 4 мг/100г доза фосфора составит $P, \text{ г}/\text{м}^2 = 75 - 7,5 \times P_2O_5$, при содержании P_2O_5 более 4 мг/100г – $P, \text{ г}/\text{м}^2 = 90 - 11,2 \times P_2O_5$.

Расчетная доза калия: для огурца – $K, \text{ г}/\text{м}^2 = 39 - 39 \times K / K_0$, для томата – $K, \text{ г}/\text{м}^2 = 95 - 56 \times K / K_0$.

Расчет рекомендуемой дозы магния ($MgO \text{ г}/\text{м}^2$) можно проводить следующим образом: для огурца – $MgO, \text{ г}/\text{м}^2 = (7 - 7 * Mg / Mg_0) \times 1,66$;

для культуры томата

если $Mg_0 \leq Mg < 1,67 Mg_0$, то $Mg, \text{ г}/\text{м}^2 = (15 - 9 \times Mg / Mg_0) \times 1,66$

если $0,33 Mg_0 \leq Mg < Mg_0$, то $Mg, \text{ г}/\text{м}^2 = (19,5 - 13,5 \times Mg / Mg_0) \times 1,66$;

если $Mg < 0,33 Mg_0$, то $Mg, \text{ г}/\text{м}^2 = (23 - 24 \times Mg / Mg_0) \times 1,66$,

где N, K, P₂O₅, Mg – исходное содержание элементов в грунте, мг/100г;

N_о, K_о, P, Mg_о – оптимальное содержание элементов в грунте, мг/100г сухого грунта.

Дозы элементов для подкормок определяют по разнице между потребностями культур (в том числе и для получения планового урожая) и запасами их в почвогрунтах и по результатам ежемесячной почвенной и растительной диагностики.

Для определения количества подкормок необходимо определить дозу одноразовой подкормки (Д г/м²):

$$Д, г/м^2 = 10 \times C \times R,$$

где Д – предельное суммарное количество удобрений, расходуемое за одну подкормку в г на м²; С – предельная концентрация раствора, %; R – норма расхода воды за один полив в л/м².

Для определения доз минеральных удобрений *на планируемую урожайность* учитывают вынос элементов питания урожаем. Растения огурца в защищённом грунте 1 кг плодов выносят N – 1,7-2,2 г, P₂O₅ – 0,8-1,2 г, K₂O – 3,5-4,5 г, CaO – 1,6-1,8, MgO – 0,7-0,9; растения томата – N – 2,6-3,4 г, P₂O₅ – 1,1-1,3 г, K₂O – 4,5-6,0 г, CaO 3,5-4,5, MgO – 0,7-1,2.

Под огурец в основное удобрение могут вносить органические удобрения в дозе 20-25 кг/м², если в состав навоза входит большое количество соломы или опила, то дозу увеличивают до 30 кг/м². Под томат органические удобрения вносят тогда, когда он идёт первой культурой оборота. Доза составляет 15-20 кг/м², если в состав навоза входит большое количество соломы или опила, то дозу увеличивают до 25 кг/м².

Рассчитанные дозы удобрений вносят в несколько приёмов: в основную заправку грунта и в течение вегетации в виде подкормок. В основную заправку вносится в полной дозе суперфосфат, 30-50 % азотных и 50-75 % калийных удоб-

рений, а остальное количество азота, калия и микроудобрения – в подкормки в период вегетации.

При внесении минеральных удобрений в основную заправку грунта создаётся оптимальное содержание питательных элементов в нём. Оптимальным следует считать такое содержание, когда в 100 г сухого грунта содержится: азота – 50-60; подвижного фосфора – 30-50, калия – 150-200, магния – 65-80 мг. Такое содержание питательных элементов должно находиться в течение всей вегетации растений, а для этого спустя 4 недели после посадки рассады еженедельно или не реже трех раз в месяц проводят подкормки минеральными удобрениями. Корневые подкормки следует чередовать с некорневыми. Для некорневых подкормок концентрация солей не должна превышать 0,25 – 0,30 %.

Для подкормок используют твердые или жидкие удобрения, которые позволяют сочетать подкормки с поливом растений. Дозы минеральных удобрений в одну подкормку составляют N – 10-15 г/м², P₂O₅ – 20-25 и K₂O – 15-20 г/м².

Возможны и некорневые подкормки культур макро- и микро удобрениями с помощью дождевания; концентрация растворов при этом должна быть для огурца не выше 0,22-0,27 %, а томата – 0,4 %. Проводить подкормки следует в пасмурные дни. Важны и утренние подкормки угольной кислотой в дозе 2-2,5 кг/100 м² посадок. При недостатке магния проводят подкормки 0,2 % раствором сульфата магния (20 г на 10 л воды), при недостатке железа 0,1 % раствором сульфата железа. Следует отметить, что если для приготовления почвогрунтов использовали органические удобрения (навоз или компосты на его основе), то дефицит микроэлементов не проявляется, и они не нуждаются во внесении микроудобрений.

При всех методах расчета количество питательных веществ должно соответствовать потребностям выращиваемой культуры и не превышать критических значений концентраций солей в растворе грунта.

Для определения оптимальных доз и способов внесения удобрений под возделываемые культуры в теплицах необходимо знать обеспеченность почвогрунтов водорастворимыми питательными элементами и солями. Её могут определять весовым методом или методом объёмного экстрагирования при соотношении грунт: вода = 1:2. В полученной водной вытяжке устанавливают содержание элементов (мг/л) и концентрацию солей потенциметрически (mS/см) или методом сухого остатка (г/л), по результатам определяют уровень обеспеченности почвогрунтов.

Соотношение азота и калия в растворах в январе – марте должно быть 1:3, в весенние и летние месяцы 1:1,5 и 1:1.

В первый год использования торфа не следует превышать дозу азотных удобрений, так как усиленно происходит минерализация органического вещества торфа и образуется большое количество аммонийного и нитратного азота.

Регулирование влажности грунтов является одним из основных и ответственных мероприятий в защищенном грунте. На торфяных грунтах 1-го и 2-го года использования влажность в начале вегетации должна быть 75 – 80 % (300 – 400 % в расчете на сухую массу), в конце плодоношения – около 70 % (230 % в расчете на сухую массу). На 3-5 год использования грунта в начальные фазы (до цветения) влажность должна быть на уровне 65 % (190 % в расчете на сухую массу), в период плодоношения – 70-75 % (230 – 300 % в расчете на сухую массу). Разовая норма поливной воды составляет 4 - 5 л/м².

Контрольные вопросы и задания:

1. Какие требования предъявляет огурец к почвам? 2. Дозы и сроки внесения органических удобрений под огурец. 3. Требования огурца к формам минеральных удобрений. 4. Требования томата, перца баклажана к почвам и к формам минеральных удобрений. 5. Состав и свойства почвогрунтов. 6. Расскажите об удобрении культур в теплицах на почвогрунтах.

ГЛАВА 4. УДОБРЕНИЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

4.1. Особенности развития и питания плодово-ягодных культур

Все плодово-ягодные культуры имеют хорошо развитую корневую систему. Корни яблони проникают на глубину 4-5 м, вишни – на 2-3 м, земляники до 1 м. Основная масса корней находится в слое 20-80 см у яблони, 15-30 см – у вишни, 10-30 см – у смородины, 8-20 см – у малины и земляники. Раннее плодоношение, обильные и более регулярные урожаи связаны с высокими требованиями к условиям минерального питания. Плодово-ягодные культуры отличаются высоким поглощением питательных веществ на единицу продукции. Для формирования 1 т урожая яблоне необходимо азота 1,09 кг, фосфора 0,29 кг, калия 1,16 кг, груше – 1,53, 0,37, 1,72, смородине чёрной – 8,63, 3,42, 4,66, смородине красной – 6,61, 2,54, 4,08, крыжовнику – 4,39, 2,22, 6,83 и землянике – 14,44, 3,20, 17,07 кг соответственно. Изучение вопросов питания плодово-ягодных культур связано с трудностями учета расхода питательных веществ. Расход питательных веществ складывается из 3-х статей: опад до 40%, закрепление элементов питания в истинном приросте до 30-35% и отчуждение со снятыми плодами и обрезными ветвями. В звене биологического круговорота элементы питания распределяются следующим образом:

N – 50 % в опад, 30 % в прирост и 20 % отчуждаются; P – 30-35 % в опад, 40-45 % в прирост и 25 % отчуждаются; K – 40-42 % в опад, 25 % в прирост и 33-35 % отчуждаются.

При определении доз удобрений необходимо учитывать возрастные и морфологические признаки

Возрастные – по требованиям и условиям питания выделяют три периода:

первый – от посадки до плодоношения – характеризуется усиленным ростом вегетативных органов скелетной части корневой системы и листового аппарата, когда необходима хорошая обеспеченность всеми элементами в легкоусвояемых формах с преобладанием азота, что достигается допосадочным, припосадочным удобрением и подкормками;

второй – от начала до максимального плодоношения – характеризуется замедленным ростом побегов и усиленным образованием плодовых веточек, почек, плодов и ягод. Необходима высокая обеспеченность всеми элементами с увеличением дозы калия, что достигается периодическим (органические, фосфорные, калийные) и ежегодным (азотные, микроудобрения) внесением оптимальных доз удобрений;

третий – затухание плодоношения – потребность в элементах снижается, дозы всех удобрений должны соответствовать уровню плодоношению [16].

С периода плодоношения у плодово-ягодных культур ежегодно проходят *два периода интенсивного потребления элементов*: весной при распускании почек, цветении и образовании листьев и после сбора плодов осенью в период накопления запасных пластических веществ и второй волны роста корней. Весенний период почти в три раза интенсивнее по всем элементам с небольшим преобладанием азота над калием, чем осенний период с небольшим преобладанием калия над азотом. Весной в отношении азота отмечается критический период. Фосфор поступает в течение всего периода вегетации, но имеет два максимума – в конце мая и в августе.

По отношению к реакции почвы плодово-ягодные культуры делят на три группы: вишня, черешня, абрикос, персик, слива, смородина и земляника предпочитают близкие к нейтральным почвы; яблоня, груша и малина – слабокислые, а крыжовник – кислые почвы. Для устранения избыточ-

ной кислотности ($\text{pH} < 5,0-5,5$) почвы до посадки известкуют под культуры первой группы в дозах по 1,0, второй – по 0,75 и третьей – по 0,5 гидролитической кислотности, повторное известкование проводят через каждые 8 – 10 лет.

4.2. Удобрения саженцев в плодовом и ягодном питомнике

Плодовый питомник необходимое звено для выращивания посадочного материала. Саженцы плодовых отличаются высоким выносом основных элементов питания и предъявляют высокие требования к плодородию почв и водно-физическим свойствам. Для формирования 50 тыс. среднерослых подвоев в первый год с 1 га вынос азота составляет 25 кг, фосфора – 6 кг, калия – 12-13 кг, во второй год – азота 140-150 кг, фосфора – до 50 кг, калия – 60-75 кг и на третий год – азота 100-120 кг, фосфора – до 110 кг, калия – 60-75 кг. В сумме за три года потребность в азоте составляет 265-290 кг, фосфоре – до 50 кг, калии – 130-160 кг. Исходя из этого, проводят *основную заправку* органическими удобрениями до 100 т/га и РК по 120 кг/га. Азотные вносят ежегодно при поливе 45-60 кг/га. *При высадке* растений в борозды в зависимости от обеспеченности вносят фосфор от 10 до 30 кг/га.

Весной подвои первого года перед началом интенсивного роста *подкармливают* азотом (40-50 кг/га) и повторяют через месяц. Привитые однолетки (саженцы первого года) также подкармливают азотом в два срока из расчёта 30-40 кг/га – рано весной (в начале их интенсивного роста) и летом, когда побеги (окулянты) достигнут 20 см. На поле с саженцами второго года (двухлетками) обычно проводят одну подкормку весной (N_{30-40}).

Ягодный питомник служит для доращивания укорененных 1-2 летних черенков или отводков. Выращивают сажен-

цы, как правило, из одревесневших черенков (1-2 года). Питомник размещают на хорошо окультуренных почвах. Перед закладкой ягодного питомника при необходимости проводят известкование почвы, вносят 40-60 т/га навоза или 80-90 т/га компоста, по 80-120 кг/га д.в. фосфорных и калийных удобрений и проводят глубокую вспашку почвы плугом с предплужником.

Саженцы первого года ранней весной подкармливают азотом (30-40 кг/га), при медленном их росте подкормку азотом повторяют через месяц. Саженцы второго года подкармливают весной полным минеральным удобрением (по 60-80 кг/га д.в. NPK). [8]

4.3. Закладка и удобрение молодого сада

Перед закладкой садов и ягодников вносят мелиоранты, органические и фосфорно-калийные удобрения под глубокую обработку почв плантажным плугом. Вспашка проводится на глубину до 40-50 см.

На кислых почвах проводится *известкование*, при глубине пахотного слоя 30 см расчётную дозу извести увеличивают в 1,5 раза, при 40 см – в 2 раз. Однако передозировка извести может приводить к борному и марганцевому голодаанию. В зарубежной практике известкование проводят на всех почвах с рН ниже 6,0-6,3 для борьбы с горькой ямчатостью.

Навоз или компосты вносятся в сочетании с РКМg удобрениями. Навоз вносят в дозе 80-120 т/га, P_2O_5 – 250-300 кг/га, K_2O – 350-400 и MgO – 150 кг/га.

Дозы удобрений при этом дифференцируют в зависимости от типа почвы и содержания в ней подвижных форм фосфора, калия и магния (табл. 43).

Однако следует учитывать, что при содержании подвижного фосфора свыше 400-450 кг/га развивается заболева-

ние «розеточность» из-за недостатка цинка. Избыток калия в почве способствует проявлению горькой ямчатости и заболеванию мучнистой росой.

Таблица 43

Примерные дозы удобрений перед закладкой сада [19]

| Насаждения | Обеспеченность почвы подвижными элементами питания | Навоз, компосты, т/га | Минеральные удобрения, кг/га | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| | | | на легких почвах | | | на тяжелых почвах | | |
| | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
| Плодовые (семечковые и косточковые) | Низкая | 80 | 300 | 250 | 120 | 300 | 400 | 250 |
| | Средняя | 60 | 200 | 175 | 60 | 250 | 300 | 100 |
| | Повышенная | 40 | 150 | 120 | 40 | 150 | 200 | 30 |
| <i>Смородина</i> | <i>Низкая</i> | 100 | 250 | 200 | - | 300 | 250 | - |
| | <i>Средняя</i> | 80 | 175 | 150 | - | 200 | 175 | - |
| | <i>Повышенная</i> | 60 | 120 | 100 | - | 150 | 120 | - |
| <i>Крыжовник</i> | <i>Низкая</i> | 100 | 200 | 250 | - | 250 | 300 | - |
| | <i>Средняя</i> | 80 | 150 | 175 | - | 175 | 200 | - |
| | <i>Повышенная</i> | 40-60 | 100 | 120 | - | 120 | 150 | - |
| <i>Малина</i> | <i>Низкая</i> | 80 | 150 | 120 | 60 | 150 | 150 | 125 |
| <i>Ежевика</i> | <i>Средняя</i> | 60 | 100 | 80 | 40 | 120 | 100 | 50 |
| <i>Земляника</i> | <i>Повышенная</i> | 40 | 60 | 50 | 40 | 70 | 60 | 20 |

Примечание. При высокой обеспеченности почвы (V, VI кл.) подвижными формами фосфора, калия и магния соответствующие формы минеральных удобрений не вносят.

При посадке плодово-ягодных культур также обязательно внесение удобрений, причем $\frac{2}{3}$ дозы минеральных удобрений вносят на дно ямы (или траншеи), а $\frac{1}{3}$ перемешивают с почвой, которой засыпают нижнюю половину ямы. Органические удобрения (навоз, компост) перемешивают со всей почвой ямы при её засыпке. Важно отметить, что свежий слаборазложившийся навоз вносить в посадочную яму на большую глубину нельзя, так как создаются анаэробные условия, и минерализация растительных остатков навоза протекает с образованием вредных органических веществ неполного окисления, которые ухудшают приживаемость и рост саженцев. Если хозяйство не располагает достаточным количеством перегноя, его можно заменить низинным тор-

фом, увеличив дозу в два раза. Дозы удобрений при посадке для дерново-подзолистых почв приведены в таблице 44.

Таблица 44

Дозы удобрений на 1 посадочную яму, кг [22]

| Культуры | Навоз | Суперфосфат | K ₂ SO ₄ | NH ₄ NO ₃ | Известь |
|---------------|-------|-------------|--------------------------------|---------------------------------|----------|
| Семечковые | 20-30 | 0,6 | 0,15 | 0,06 | 1,0-1,5 |
| Косточковые | 10-15 | 0,4 | 0,06 | 0,04 | 0,5-0,75 |
| Кустарниковые | 8-10 | 0,3 | 0,04 | 0,02 | 0,1-0,5 |
| Травянистые | 6-8 | 0,2 | 0,02 | 0,02 | 0,1-0,3 |

При отсутствии сульфата калия можно вносить хлористый калий дозах под семечковые 0,1 кг, косточковые – 0,05, кустарниковые – 0,03 и травянистые – 0,02 кг. В качестве известковых удобрений можно использовать древесную золу в следующих дозах: под семечковые 0,8 кг, косточковые – 0,4, кустарниковые и травянистые – 0,2 кг.

В Нечерноземье применяют и траншейный способ внесения удобрений с окультуриванием почвы перед посадкой растений полосами. Траншеи нарезают специальным плантажным плугом глубиной 40-45 см и шириной 40-50 см.

На 100 м траншеи под плодовые деревья на дерново-подзолистых почвах вносят 0,8-1,0 т органических удобрений, 4-6 кг P₂O₅ и 2-3 кг K₂O. Органические удобрения разбрасывают узкой полосой по линии будущей траншеи перед её нарезкой, а фосфорные и калийные удобрения вносят в траншеи.

При посадке ягодных кустарников (смородины, крыжовника, малины) органические и минеральные удобрения вносят в борозды, нарезанные плугом. При траншейном способе посадки на 1 га вносят 60 т органических удобрений, 140-200 кг P₂O₅ и 150-200 кг K₂O [12].

Система удобрения молодого сада должна быть направлена на интенсивный прирост скелетных ветвей при формировании кроны. Особое внимание уделяется оптими-

зации азотного питания растений. Хорошая предпосадочная заправка почвы органическими и минеральными удобрениями обеспечивает интенсивный рост деревьев в первые 2-3 года без внесения фосфора и калия. Первые 2-3 года можно вносить весной только азотные удобрения по 50-100 г на одно дерево или 60-90 кг/га. Азотные удобрения вносят поверхностно весной и в середине лета. При поверхностном внесении весной, лучшими формами азотных удобрений являются аммиачные.

Удобрения в молодых садах вносят в приствольные полосы и круги. Для снижения потери влаги из почвы и для поддержания в ней равномерного запаса влаги и уменьшения уплотнения почвы приствольные круги мульчируют навозом, перегноем, торфом. При толщине покрытия в 8-10 см требуется 8-10 кг торфа или 10-15 кг навоза на 1 м² площади.

Если перед посадкой в посадочные ямы внесено недостаточное количество удобрений, то осенью вносят навоз или компосты, калийные и фосфорные удобрения. На приствольный круг вносят 10-15 кг навоза или компоста и минеральные удобрения – 75 г калия и 30 г фосфора по д.в.

Азотные удобрения лучше вносить весной при первой обработке почвы до 50 г на площадь приствольного круга.

Начиная с 4-го года жизни в молодом саду вносят полное удобрение по проекции кроны из расчета 9 г азота, 6 г фосфора, 8 г калия по д.в. и 6 кг навоза на 1 м² приствольной площади. По мере роста деревьев зону внесения увеличивают, разбрасывая их по проекции кроны и за ее пределами на расстоянии 0,5-1 м. Начиная с 5-летнего возраста сада, дозы удобрений рассчитывают на 1 га. В зависимости от почвенных и климатических условий средние дозы минеральных удобрений в молодом саду составляют 60-90 кг/га N, P₂O₅ и K₂O [13].

Сроки внесения удобрений. Органические, фосфорные и калийные удобрения вносят осенью, заделывая их по проекции кроны на глубину 18-20 см. Если фосфорно-калийные удобрения не вносились осенью, то следует внести их весной. Фосфорные и калийные удобрения можно применять в запас на два-три года. Азот в зоне достаточного увлажнения дробно: $\frac{2}{3}$ дозы вносят весной в фазе интенсивного роста побегов и корней и $\frac{1}{3}$ дозы в июле. Формы минеральных удобрений не имеют существенного значения.

4.4. Удобрение плодоносящего сада

Система удобрения плодоносящего сада должна учитывать тот факт, что в период плодоношения вынос элементов питания резко возрастает. В течение вегетационного периода плодовые деревья в среднем потребляют с 1 га: азота 57 кг, фосфора 15 кг, калия 61 кг, кальция 82 кг. Обычно *вносят органические* один раз в два года в дозе 30-40 т/га и *минеральные* от 60 до 240 кг/га в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания. Средние рекомендуемые дозы следующие: для семечковых – $N_{90}P_{60}K_{90}$, для косточковых и кустарников – $N_{60}P_{45}K_{60}$, для полукустарниковых – $N_{40}P_{30}K_{40}$, для травянистых – $N_{45}P_{40}K_{60}$. РК удобрения вносят осенью, азотные рано весной и в июне-июле.

Дозы азотных удобрений под плодовые культуры ежегодно корректируют с учетом урожайности и погодных условий. После высокой урожайности и теплой влажной зимы дозы азота увеличивают на 20-25 %, а после неурожайных лет и морозной сухой зимы дозы азота удобрений, напротив, снижают на 25-30 %.

Высокие дозы азота рано весной приводят к слишком интенсивному побегообразованию, которое часто вызывает

опадание завязей. Избыток азота особенно во второй половине лета усиливает рост побегов, снижает их морозостойкость, ухудшает качество (вкус, цвет и аромат) и лёжкость плодов. В то же время недостаток азота в почве в конце лета оказывает негативное действие на урожай плодовых культур в следующем году.

На фоне основного удобрения в плодоносящих садах проводят *подкормки*, причем азотную ранней весной за 2-3 недели до цветения, а фосфорно-калийную с органическими удобрениями осенью. Если последнюю подкормку не проводили, её объединяют весной с азотной. Подкормку азотом плодоносящих садов и ягодников можно проводить дважды: 70 % дозы ранней весной и 30 % – в фазе физиологического осыпания завязей. Подкормка после цветения способствует лучшей закладке плодовых почек.

В последнее время значительное место в оптимизации минерального питания плодовых культур отводится *некорневым подкормкам*. Это, прежде всего мочевиной и растворами солей кальция для борьбы с горькой ямчатостью, а также растворами микроэлементами.

Опрыскивание мочевиной даёт высокий эффект, когда ожидается высокий урожай и закладка цветковых почек находится под угрозой. Первую подкормку проводят через 8-10 дней после окончания цветения и при необходимости повторяют 2-3 раза через каждые 2 недели. Концентрация подкормочного раствора от 0,4 до 2 %. Чтобы уменьшить вероятность ожогов от мочевины в зарубежной литературе рекомендуют давать её в смеси с известью – 6 г Nм + 1,4 г извести на 1 л воды. Можно использовать раствор аммиачной селитры (0,1-0,2 %), сульфата калия (0,5-1,0 %), суперфосфат двойной (2-3 %, вытяжка), сульфат магния (2 %). При ис-

пользовании $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 используют 0,5-1,0 % раствор. Обработку деревьев ведут в безветренные, теплые, пасмурные дни. Расход раствора на 1 га составляет 400 л. В производственных условиях очень часто проявляется недостаток бора и цинка. При недостатке бора происходит отмирание концов побегов, уменьшение числа завязей, опробковение плодов. Основное внесение – 1,5-2,0 кг/га, некорневые подкормки в фазу бутонизации водным раствором с концентрацией бора 0,15-0,05 %. При недостатке цинка вносят сернокислый цинк 30-40 кг/га в основное или проводят некорневые подкормки раствором с концентрацией 0,2-0,5 %. Некорневые подкормки плодовых культур микроэлементами совмещают обычно с обработкой против вредителей и болезней.

Примерная схема удобрения плодового сада приведена в таблице 45.

Таблица 45

Примерная схема системы удобрения плодового сада [22]

| Возраст сада | Органические удобрения, т/га | Минеральные удобрения, кг/га д.в. | | | |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
| До закладки сада | 80-120 | - | 300 | 300 | 150 |
| Первые 4-5 лет | - | 40 | - | - | - |
| Полное плодоношение | 30-40 (1 раз в 2 года) | 60 | 40 (1 раз в 2 года) | 60 (1 раз в 2 года) | 20 (1 раз в 2 года) |
| Затухание плодоношения | 20-30 (1 раз в 2 года) | 40 | 40 (1 раз в 2 года) | 50 (1 раз в 2 года) | - |

Для косточковых деревьев дозы подкормок уменьшают в 2 раза.

Способы внесения удобрений. В приствольных полосах и кругах удобрения заделывают при разбросном внесении на глубину 10-12 см, а вблизи стволов – на 5-8 см. Эффективна более глубокая (на 30 см и более) заделка удобрений; для этого удобрения разбрасывают лентой (60-70 см) вдоль рядов по периферии кроны деревьев и запахивают плугом. Эффективно также внесение удобрений в борозды, нарезаемые на

глубину 25-30 см на расстоянии 1,0-1,5 м от ряда растений, а в междурядьях через 0,8-1,0 м.

Удобрения в жидкой форме (и растворы) можно заделывать и глубже (до 40-50 см и более) гидро- и турбобурами, шприцами и гидроимпульсными машинами; при этом эффективность их возрастает в 1,5-2,0 раза.

Формы удобрений. Из азотных удобрений лучшей формой является аммиачная селитра, нитратная форма азота способствует большей закладке плодовых почек, аммиачная усиливает рост побегов и повышает содержание сахаров. Из фосфорных – любые, из калийных – исключение составляют сырые калийные соли.

4.5. Удобрение смородины

Среди ягодных кустарников лидирующее положение занимает смородина. Основная масса корней черной смородины расположена в верхнем (до 50 см) слое почвы и лишь отдельные корни проникают на глубину 1,2-1,5 м. При этом в слое почвы 0-25 см сосредоточено около 80-85 % от общей массы корней. Красная и белая смородины обладают, по сравнению с черной, более мощной и глубоко проникающей корневой системой.

Посадки смородины размещают на почвах с содержанием в них фосфора и калия не менее 150 мг/кг и рН более 5,5. Лучшими почвами являются темноцветные с высоким содержанием гумуса. Наиболее высокие урожаи (6-10 кг ягод с куста) смородины формируются на среднесуглинистых окультуренных почвах. При возделывании её на песчаных или глинистых почвах урожай в среднем в 1,4-1,6 раза ниже. Из минеральных удобрений она использует 40-60 % азота, 10-20 фосфора и 40-50 % калия.

Перед посадкой проводят сплошное и местное окультуривание. Для основной заправки вносят органические удобрения в дозе 40-100 т/га и минеральные $N_{100-200}P_{100-300}K_{100-300}$. В последнее время рекомендуется однократное внесение органических удобрений 100-150 т/га и РК по 300-600 кг/га, что позволяет в дальнейшем ограничиться применением азотных в первые 4-5 лет.

Для смородины очень важен режим питания в период усиленного роста побегов, распускании почек, цветения, завязывания и формирования ягод. После уборки урожая рост побегов прекращается, в растениях происходит отложение питательных веществ, часть их передвигается в корни и участвует в закладке плодовых почек урожая следующего года. В период вегетации смородина больше всего выносит азота. Максимум азота потребляется до цветения и к началу листопада (30 % весной, 35 % во время формирования ягод и 35 % после сбора ягод и массовым листопадом). Максимальная суточная потребность в фосфоре и калии отмечается в период распускания почек и цветения. До налива ягод потребляется 75 % калия и 60 % фосфора. Весной необходим высокий уровень азотно-фосфорного питания [13, 10, 22].

Под плодоносящую смородину один раз в 2-3 года вносят **фосфорно-калийные удобрения** по 50-60 кг/га д.в. каждого летом или после сбора ягод и ежегодно азотные до распускания почек по 90 кг/га д.в. По результатам диагностики могут проводиться **две подкормки** первая – после цветения и вторая – через 2-3 недели после первой по 20-30 кг/га д.в. N , P_2O_5 , K_2O .

Сроки внесения удобрений. Фосфорно-калийные удобрения вносят обычно осенью на глубину обработки почвы, однако, наиболее эффективно они действуют при более глубоком внесении (на глубину залегания основной массы кор-

ней 25-30 см). Азотные удобрения как быстродействующие применяют в 2-3 срока: половину дозы – рано весной, затем в фазе активного роста побегов и завязей (июнь) и осенью в период активного роста корней.

4.6. Удобрение крыжовника

Крыжовник предъявляет более высокие требования к калийному питанию, хорошо переносит повышенную кислотность. Корневая система, в основном, сосредоточена в пахотном слое и 80-90 % распространяется в стороны не более чем на 40 см. Он лучше растёт на хорошо дренированных почвах с высоким содержанием гумуса, а на малогумусированных почвах хорошо отзывается на повышенные дозы органических удобрений. Наиболее высокие урожаи (до 8-12 кг ягод с куста) он даёт на супесчаных и легкосуглинистых.

За год до посадки осенью проводят глубокую вспашку на глубину 40 см и одновременно вносят 100-150 т/га органических удобрений, РК по 300-400 кг/га на весь срок эксплуатации плантации. В первые два года вносят азот по 60 кг/га, после вступления в плодоношение дозу азота увеличивают до 80-100 кг/га д.в. На 5-6 год плодоношения проводят растительную диагностику и уточняют необходимость применения РК удобрений. При необходимости вносят навоз (компост) по 20-30 т/га в сочетании с минеральными удобрениями (по 50-60 кг/га д.в. каждого) один раз в 2-3 года. По результатам диагностики могут проводиться две подкормки: первая после цветения и вторая через 2-3 недели после первой по 20-30 кг/га д.в. N, P₂O₅, K₂O.

Сроки внесения удобрений. Фосфорно-калийные удобрения вносят обычно осенью на глубину обработки почвы, азотные – в 2-3 срока: половину дозы – рано весной, затем в фазе активного роста побегов и завязей (июнь) и осенью в

период активного роста корней. Корневая система крыжовника размещается, главным образом, под кроной куста, поэтому вносить удобрения целесообразно в прикустовые полосы [10, 12, 13].

4.7. Удобрение малины

Малина, как и смородина – одна из ведущих ягодных культур. Главное отличие малины от других ягодных культур – 2-х летний цикл развития побегов. В первый год побеги интенсивно растут, а на следующий год плодоносят, затем отмирают. За всё время от посадки до отмирания малина проходит три возрастных периода. Первый период – это 2 года роста после закладки плантации. Он характеризуется ежегодным появлением всё возрастающего количества корневых отпрысков и побегов замещения, из которых формируется куст. Во второй год малина даёт незначительный первый урожай. Второй период – рост и полное плодоношение. Он продолжается от 3 до 8 лет. Третий период – затухание плодоношения и усыхание растений. Период начинается с 9-10 летнего возраста и обычно заканчивается к 13-15 годам, в этот период жизни усиленное азотно-фосфорное питание может продлить срок эксплуатации плантации.

Малина произрастает на хорошо дренированных средне- и легкосуглинистых почвах с достаточным содержанием гумуса. Фосфора и калия должно быть не менее 250 мг/кг. Кислотность переносит хорошо. Оптимальная реакция среды для малины pH_{KCl} 5,4-5,6, однако она плохо переносит избыток кальция, поэтому известковать необходимо только сильно- и среднекислые почвы. Она отрицательно реагирует на повышенную концентрацию солей в питательном растворе и содержание хлора. Основная масса корней располагается на глубине 10-20

см, поэтому требовательна к влаге. Её не рекомендуется перекапывать глубоко. С 1 т урожая малина выносит 1,3 кг азота, 4 кг фосфора и 2,9 кг калия. Она предъявляет повышенные требования к фосфорному питанию. Потребление элементов питания идёт в течение всей вегетации. Потребление азота продолжается и после сбора ягод. Фосфор и калий наиболее интенсивно потребляются в период цветения и завязывания ягод. Однако наиболее интенсивное их потребление происходит в период распускания почек, цветения и завязывание ягод. В то же время высокое содержание азота в почве во второй половине лета затягивает рост побегов, ухудшает вызревание древесины и снижает морозостойкость. В конце лета необходимо обеспечить в почве повышенное содержание калия и фосфора, которые положительно влияют на вызревание побегов и почек будущего урожая. В зависимости от почвенных и климатических условий из минеральных удобрений малина использует 45-50 % азота, 10-20 фосфора и 40-45 % калия.

Система удобрения сводится к тому, что допосадочная заправка почвы навозом служит предпосылкой высокой продуктивности насаждений. Перед закладкой плантации под малину вносят органические и минеральные удобрения с учётом плодородия почв (табл. 46).

Таблица 46

Система удобрения товарных плантаций малины [12, 22]

| Периоды | Обеспеченность почвы элементами питания | Органические удобрения, т/га | Минеральные удобрения, кг/га д.в. | | |
|-----------------------------|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| До посадки | низкая | 140 | - | 160 | 325 |
| | средняя | 120 | - | 120 | 200 |
| | высокая | 100 | - | 20 | 65 |
| Первые 2 года после посадки | низкая | 60 | 80 | - | - |
| | средняя | 60 | 60 | - | - |
| | высокая | 60 | 60 | - | - |
| Во время плодоношения | низкая | 60 | 100 | 200 | 375 |
| | средняя | 40 | 80 | 120 | 275 |
| | высокая | 40 | 80 | 80 | 150 |

Органические удобрения после посадки используют чаще всего в качестве мульчирующего материала вносимого полосами шириной 80 см, которые заделывают осенью. Азотные удобрения вносят дробно – $\frac{2}{3}$ весной, $\frac{1}{3}$ во второй половине вегетации. Дозы фосфорно-калийных удобрений вносят в основное и в подкормку. Подкормку проводят в начале образования завязей (РК)₂₀₋₃₀.

Малина очень чувствительна к дефициту магния, который довольно часто проявляется на легких почвах. Высокие дозы калийных удобрений снижают доступность магния растениям вследствие антагонизма. При обнаружении признаков недостатка магния необходимо внести доломитовую муку или использовать магнийсодержащие калийные удобрения. Применение магниевых удобрений на легких почвах дает прибавку урожая 20-30 %.

Рекомендуемые дозы удобрений для некоторых ягодных культур, возделываемых на приусадебных участках, приведены в таблице 47.

Таблица 47

Рекомендуемые дозы удобрений на приусадебных участках на 10 м²

| Культуры | Период вегетации | Органические удобрения, кг | Минеральные удобрения, г | | |
|------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| чёрная смородина | до плодоношения | 40 | 150 | 250 | 250 |
| | плодоношение | 40 | 350 | 450 | 150 |
| крыжовник | до плодоношения | 50 | 150 | 400 | 300 |
| | плодоношение | 50 | 300 | 350 | 150 |
| малина | до плодоношения | 60 | 150 | - | - |
| | плодоношение | 60 | 200 | 350 | 150 |

4.8. Удобрение земляники

Земляника – многолетнее травянистое растение и трогается в рост при температуре 2°С. Корневая система мочковатая. Основная масса корней находится на глубине 10-20 см, растение влаголюбивое и светолюбивое. Лучше размещать на почвах лёгкого гранулометрического состава и проводить посадку в первой половине лета. Земляника хорошо растет на

слабокислых и нейтральных почвах (оптимум pH_{KCl} 5,6-6,0). Для земляники характерны два критических периода в питании: весенний, когда происходит формирование цветочных почек, и осенний, во время закладки генеративных органов будущего урожая.

Поступление питательных веществ идёт неравномерно: 15-25 % поступает до цветения, 50-60 % от цветения до образования ягод (период максимального поглощения) и остальная часть в последующий период.

На кислых почвах за 3-4 года проводят известкование, непосредственно под землянику известь вносить нежелательно.

Высокие урожаи земляника даёт на плодородных, хорошо окультуренных почвах, содержащих не менее 150 мг/кг почвы подвижного фосфора и 180-200 мг/кг почвы обменного калия. Поэтому перед закладкой плантации вносят *органические удобрения* 60-80 т/га и $P_{120}K_{120}$. Землянику 1-3 годов не удобряют, при посадке удобрения не вносят. Для получения крупных ягод можно проводить *подкормку* азотом (по 20-30 кг/га) ранней весной и после сбора ягод с заделкой на глубину 10-15 см и на таком же расстоянии от ряда.

На бедных почвах при недостаточной заправке удобрениями подкармливают NPK по 45-60 кг/га и через 2 года вносят органические удобрения. Нередко после внесения удобрений происходит обильное усоеобразование в ущерб плодообразованию. Во избежание этого усы удаляют до 3+х раз и необходимо между азотным, фосфорным и калийным питанием выдерживать соотношение 1:2:1. Землянику на одном месте держат от 3 до 5 лет.

Особых требований к формам минеральных удобрений земляника не предъявляет.

4.9. Удобрение облепихи

Среди плодовых и ягодных растений, культивируемых в нашей стране, особе внимание привлекает облепиха. В пло-

дах её содержится целый комплекс биологически активных веществ, в том числе витамины С, Е, В₁, В₂, В₉, К, Р-активные вещества, каротин, масло, которое ценится как высокоактивное лечебное средство при ряде заболеваний.

Облепиха довольно зимостойкая культура. Она выдерживает морозы до 50°С. Но продуктивность её снижается при падении температуры до 3-5°С в период цветения. При теплой и затяжной осени ускоряется дифференциация цветочных почек, которые подмерзают в зимний период во время оттепелей.

Облепиха имеет хорошо развитую корневую систему. Глубина залегания основной массы корней от 0,5 до 1 м. Диаметр площади, занятой корневой системой взрослых растений, достигает 12 м.

Облепиха является светолюбивой и влаголюбивой культурой. Особенно она нуждается в воде в период интенсивного роста побегов и плодов, а также формирования плодовых почек. Корневая система болезненно реагирует даже на кратковременный недостаток влаги. Листья быстро теряют упругость, свойственную им окраску, свёртываются и вскоре опадают. Рост завязей приостанавливается, они начинают осыпаться. Облепиха – светолюбивая культура. Она отрицательно реагирует на сильное затенение.

Экспериментальные данные, а также многолетний опыт возделывания её в условиях Нечерноземья показывают, что она переносит все типы почв, хотя показатели продуктивности на чернозёмах и серых лесных почвах несколько выше, чем на дерново-подзолистых. Наибольшие требования данная культура предъявляет к гранулометрическому составу. Лучшими для неё являются легкосуглинистые, супесчаные с содержанием крупнопылеватых частиц (размером 0,05-0,01 мм) более 50%. Характерной особенностью облепихи является наличие корневых клубеньковых бактерий, играющих важную роль в жизни растения. Для лучшего развития корневой

системы и клубеньковых бактерий почвы должны иметь хорошую водо- и воздухопроницаемость. Облепиха предпочитает нейтральные почвы (рН=6,5-7,0).

Перед закладкой плантации при необходимости почвы **известкуют**. Дозы извести зависят от кислотности и гранулометрического состава почвы. В качестве известковых удобрений используют известковые удобрения, содержащие кальций и магний. Вносить их можно в один приём, лучше под вспашку, равномерно рассевая по полю.

Минеральное питание облепихи недостаточно изучено. Однако известно, что она сильно реагирует на содержание фосфора и органического вещества. В опытах Т.Ф. Царьковой [23] на бедных подзолистых почвах лесных полей полное минеральное удобрение повышало урожай облепихи на 11 %, перегной – на 18 %, а их совместное внесение – на 24 %.

Под основную обработку почвы в зависимости от плодородия почв вносят **органические удобрения** от 100 до 150 т/га, а также **минеральные** – фосфорные – 400 кг/га, калийные – 200 кг/га (по действующему веществу).

Высаживая облепиху **в ямы** на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах, вносят 18-20 кг торфа (перегноя, компоста), 30 кг песка и 200 г нитроаммофоски на одну яму. Удобрения и песок высыпают на темный слой почвы, вынутый из ямы, и тщательно перемешивают. Затем приступают к посадке.

Облепиха хорошо отзывается на фосфорные удобрения, которые способствуют активизации жизненных процессов. Их внесение повышает активность потребления растениями азота и калия. Из фосфорных удобрений лучшей формой является суперфосфат, из калийных – сульфат калия.

Почву под облепихой следует удобрять каждый год. Дозы минеральных удобрений в период плодоношения определяются уровнем урожайности (табл. 48).

Дозы удобрений под облепиху при средней обеспеченности почв питательными веществами, кг/га д.в. [13]

| Урожайность, ц/га | Дозы удобрений | | |
|-------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| До 60 | 30 | 90 | 45 |
| 60-100 | 60 | 120 | 75 |
| >100 | 90 | 150 | 110 |

При внесении удобрений в приствольные круги каждый год весной вносят 20-30 кг перегноя на 1 м², а в конце лета 40-50 г гранулированного суперфосфата на 1 м². На песчаных, супесчаных, а также в торфяных почвах вместе с фосфорными удобрениями можно вносить калийные (50 г хлористого калия на 1 м²) и органические удобрения (10 кг на 1 м²). Минеральные удобрения разбрасывают на поверхности приствольного круга, оставляя незатронутой почву на расстоянии 15–20 см от ствола. Удобрения разбрасывают равномерно по всей площади приствольного круга, желательно без контакта со стволиком. На суглинках желательно дополнительно под рыхление вносить песок и опилки по 5 кг. На тяжёлых почвах бедных азотом можно рекомендовать внесение азота – 15 г мочевины на 1 м². Азотные удобрения вносят в почву в два приема: весной 2/3 от необходимой нормы, после цветения – остальную часть.

Фосфорно-калийные удобрения рекомендуется вносить осенью в зону размещения массы активных корней. В молодых садах корневая система занимает сравнительно небольшой объём почвы, поэтому удобрения вносят в приствольную полосу. В плодоносящих садах корни почти полностью занимают междурядья и удобрения разбрасывают по всей площади.

Контрольные вопросы задания:

1. Каковы особенности удобрения почв при закладке садов и ягодников? 2. Каковы различия в удобрении молодых и плодоносящих садов и ягодников? 3. Каковы состав и дозы подкормок в садах и ягодниках? 4. Расскажите об удобрении смородины. 5. Расскажите об удобрении крыжовника. 6. Каковы особенности удобрения почв при закладке плантации малины? 7. Расскажите об удобрении земляники. 8. Каковы состав и дозы удобрений под облепиху? 9. Сроки, приёмы и способы внесения удобрений в садах.

ГЛАВА 5. РАСТИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА САДОВЫХ КУЛЬТУР

Растительная диагностика - это комплекс методов, которые позволяют определить по показателям самого растения степень его обеспеченности питательными веществами в процессе формирования урожая. Диагностика необходима для проверки обеспеченности растений элементами питания, выяснения целесообразности проведения подкормок, совершенствования системы применения удобрений и уточнения их влияния на урожайность и качество продукции.

Более ранние признаки недостатка (или избытка) питательных элементов устанавливаются методами химической диагностики (тканевая, листовая, анализ пасоки, экспресс-метод).

Листовая диагностика - определение потребностей растений в удобрениях по валовому содержанию питательных элементов в листьях во время вегетации (табл. 49). Для исследования берут листья, уже закончившие рост, но активно функционирующие. Основой листовой диагностики является положение, что условия питания растений отражаются на химическом составе листьев.

Наиболее перспективными методами тканевой диагностики являются определение в свежих или свежесушеных растительных образцах неорганических форм питательных элементов в 2 %-ной уксуснокислой вытяжке или ацетатно-буферном растворе (осветление активированным углем). Эти методы усовершенствованы К.П. Магницким и очень удобны для быстрого определения потребности растений в питательных веществах. По сравнению с определением валового содержания минеральных элементов в листьях эти методы в несколько раз сокращают время на подготовку и анализ образ-

цов. Лучшим индикаторным органом для тканевой диагностики чаще являются черешки листьев или средние жилки листьев овощных культур [14, 24, 25].

Таблица 49

Содержание питательных элементов и микроэлементов в листьях овощных культур в середине периода вегетации (Bergmann W., 1983, цит. по В.А. Борисову, [5])

| Культура | Макроэлементы | | | | | Микроэлементы | | | | |
|----------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------|--------|-------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | B | Mo | Cu | Mn | Zn |
| | % на сухое вещество | | | | | мг/кг сухого вещества | | | | |
| Капуста цветная | 3,0-4,5 | 0,4-0,7 | 3,0-4,2 | 1,0-1,5 | 0,25-0,5 | 30-80 | 0,5-1,0 | 5-12 | 30-150 | 30-70 |
| Капуста белокочанная | 3,7-4,5 | 0,3-0,5 | 3,0-4,0 | 1,5-2,0 | 0,25-0,5 | 25-80 | 0,4-0,7 | 5-12 | 30-150 | 20-60 |
| Капуста брюссельская | 2,2-4,2 | 0,25-0,5 | 2,4-3,4 | 0,4-2,0 | 0,25-0,5 | 30-80 | 0,4-0,7 | 5-12 | 40-150 | 20-60 |
| Огурец | 2,8-5,0 | 0,3-0,6 | 2,5-5,4 | 5,0-9,0 | 0,5-1,0 | 40-80 | 0,8-2,0 | 7-15 | 60-200 | 35-80 |
| Кольраби | 4,0-5,0 | 0,3-0,6 | 3,0-4,0 | 1,0-3,0 | 0,25-0,5 | 30-80 | 0,4-0,7 | 5-12 | 50-150 | 20-60 |
| Салат кочанный | 4,0-5,5 | 0,45-0,7 | 4,2-6,0 | 1,2-2,1 | 0,35-0,6 | 25-60 | 0,2-1,0 | 7-15 | 30-150 | 30-80 |
| Морковь | 2,0-3,5 | 0,3-0,5 | 2,7-4,0 | 1,2-2,0 | 0,4-0,8 | 30-80 | 0,5-1,5 | 7-15 | 50-150 | 30-80 |
| Перец | 3,0-4,5 | 0,3-0,6 | 4,0-5,4 | 0,4-1,0 | 0,3-0,8 | 40-80 | 0,2-0,6 | 8-15 | 30-150 | 20-60 |
| Свекла столовая | 3,5-5,0 | 0,25-0,5 | 2,8-5,0 | 1,5-2,5 | 0,3-0,8 | 35-80 | 0,2-1,0 | 7-15 | 50-150 | 20-60 |
| Сельдерей | 2,8-4,0 | 0,3-0,6 | 3,5-6,0 | 0,4-1,5 | 0,25-0,6 | 30-80 | 0,5-1,5 | 6-12 | 40-150 | 30-70 |
| Хрен | 2,0-3,0 | 0,2-0,25 | 2,4-3,8 | 2,0-3,0 | 0,25-0,5 | 40-60 | 0,3-1,0 | 8-12 | 60-150 | 35-70 |
| Спаржа | 2,4-3,8 | 0,3-0,5 | 1,5-2,4 | 0,4-0,8 | 0,15-0,3 | 40-100 | 0,15-0,5 | 6-12 | 25-150 | 20-60 |
| Шпинат | 3,8-5,0 | 0,4-0,6 | 3,5-5,3 | 0,6-1,2 | 0,35-0,8 | 40-80 | 0,3-1,0 | 7-15 | 40-150 | 20-70 |
| Томат | 4,0-5,5 | 0,4-0,65 | 3,0-6,0 | 3,0-4,0 | 0,35-0,8 | 40-80 | 0,3-1,0 | 6-12 | 40-150 | 30-80 |
| Арбуз | 2,0-3,0 | 0,2-0,45 | 2,5-3,5 | 1,5-3,5 | 0,4-0,8 | 30-80 | 0,2-1,0 | 5-10 | 30-150 | 20-70 |
| Лук репчатый | 2,0-3,0 | 0,25-0,4 | 2,5-3,0 | 0,6-1,5 | 0,25-0,5 | 30-50 | 0,15-0,3 | 7-15 | 40-100 | 20-70 |

Содержание неорганических соединений азота, фосфора, калия в листьях растений, слабо и хорошо обеспеченных питательными веществами, имеет значительно больше раз-

личий, чем валовое их количество. Поэтому при помощи тканевой диагностики можно быстрее уловить нарушение питания у растений, чем при листовой диагностике. Внешние признаки голодания растений (визуальная диагностика) обнаруживаются на растениях лишь после длительного периода голодания, когда нарушение питания тканей вызывает глубокие, необратимые изменения, что приводит к значительному снижению урожайности.

Таблица 50

Оптимальное содержание неорганических форм питательных элементов в черешках листьев овощных культур в основные периоды вегетации [5, 14, 24, 25]

| Культура | Уровень урожайности, т/га | Интенсивный рост листьев | | | Образование продуктивных органов | | |
|-----------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Капуста | 80-100 | 2500-4000 | 200-300 | 3000-4000 | 1500-2500 | 200-300 | 3000-4000 |
| Морковь | 70-80 | 1000-2000 | 100-200 | 4000-6000 | 500-1500 | 100-200 | 4000-6000 |
| Свекла | 50-60 | 2000-4000 | 200-300 | 3000-5000 | 1500-2500 | 200-400 | 2000-4000 |
| Огурец | 40-45 | 4000-5000 | 400-500 | 3000-5000 | 3000-5000 | 400-600 | 5000-6000 |
| Петрушка | 35-40 | 2000-3000 | 100-200 | 4000-6000 | 200-300 | 200-300 | 3000-4000 |
| Сельдерей | 40-50 | 3000-4000 | 200-250 | 4000-5000 | 1000-2000 | 200-300 | 2000-3000 |

У свеклы, моркови и других корнеплодов в молодом возрасте пробу составляют из наружных листьев розетки (без семядольных листочков), а в последующие периоды вегетации выбирают черешки взрослых листьев. У капусты, томата в рассадный период для анализа отбирают первый настоящий лист, а в последующем черешки 2-5-го листа.

Визуальная диагностика позволяет без проведения дополнительных химических анализов быстро исправить грубые нарушения в питании растений. Для этого используют биометрические данные о росте и развитии растений, внешние признаки их состояния. Описание признаков голодания

или избытка питательных элементов у садовых культур приведены в таблице 51.

Причем все перечисленные методы не исключают взаимно один другого, а, наоборот, дополняют друг друга, давая более полное представление об условиях питания растений.

Таблица 51

Общие признаки недостаточности и избытка элементов питания

| Элемент | Роль в развитии растения | Недостаток минеральных веществ | Избыток минеральных веществ | Факторы, влияющие на доступность и усвоение азота растениями, даже при высоком содержании элемента в почве | Почвы, на которых чаще всего встречается недостаток элемента |
|---------|---|--|---|--|--|
| Азот | Азот входит в состав сложных соединений, из которых строится белок - основа живой материи. Он входит в состав нуклеиновых кислот (рибонуклеиновая кислота – РНК и дезоксирибонуклеиновая – ДНК), играющих важную роль в обмене веществ в организме и передаче | Признаки недостатка азота проявляются весьма отчетливо на разных стадиях развития. Общими и основными признаками недостатка азота у растений являются: угнетенный рост, короткие и тонкие побеги и стебли, мелкие соцветия, слабая облиственность растений, слабое ветвление, мелкие, узкие листья, окраска их бледно-зеленая, хлоротичная, преждевременное опадание листьев. Раннее опадание завязей и ускоренное со- | При избытке азота – листья становятся темно-зелеными, крупными и сочными, растут усиленно побеги. При избыточном поступлении азота в растение происходит задержка цветения и созревания. Внешне перекормленное растение имеет чрезмерно толстый стебель. Появляется избыток этого элемента у всех растений на нижних листьях: при бурозеленом их цвете края пластинок буреют, погибают к нижней | Холодная погода, уплотненная и холодная почва, слабая микробиологическая деятельность, запахивание большого количества соломы, недостаток влаги. | Почти все, прежде всего легкие и супесчаные. |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <p>наследственных функций. Азот является составной частью хлорофилла. Без азота хлорофилл не образуется. Азот входит в состав ферментов, выполняющих роль катализаторов во многих окислительно-восстановительных процессах растений. Он также входит в состав фосфатидов, алкалоидов. Азот среди элементов минерального питания наиболее мощный регулятор роста, хотя это не гормональное вещество. Регулированием уровня азотного питания можно добиться уве-</p> | <p>зревание недозрело развитых семян и плодов. При большом недостатке растения сохнут. Корни длинные, боковые корешки развиваются плохо. При недостатке азота осветление и пожелтение окраски начинается с жилок и прилегающей к ним части листовой пластинки; части листа, удалённые от жилок, могут сохранять ещё светло-зелёную окраску. На листе, пожелтевшем от недостатка азота, как правило, не бывает зелёных жилок. Осветление окраски начинается с более старых, нижних листьев, которые приобретают жёлтый, оранжевый и красный оттенки. Эта окраска переходит далее и на более молодые листья, может проявляться и на черешках листьев. Пожелтение нижних листьев бывает и при недостатке влаги в почве, а также</p> | <p>стороне "обожжёнными" краями. Распад тканей листа от краёв распространяется по всей пластинке, лист гибнет. Удлиняется вегетационный период, ткани становятся сочными и мягкими, более восприимчивыми к грибным болезням. У суккулентных растений (например, кактусов, алоэ и др.), избыток азота вызывает истончение кожицы, которая лопаётся, приводя растение к гибели или оставляя уродливые шрамы. У декоративных растений с пестрыми листьями может исчезнуть оригинальная окраска: они позеленеют целиком. У огурца при избытке азота листья становятся темно-зелеными. Средние и старые листья изгибаются. Прозрачные пятна между жилками сливаются и становятся желтыми или серобурыми. Плоды мельче обычно-</p> | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>личения урожайности у зерновых, кормовых и овощных культур за счёт роста ассимиляционного листового аппарата, у плодовых – за счёт увеличения размера плодов, повышения их числа, усиления дифференциации плодовых почек и уменьшения осыпания плодов.</p> | <p>при естественном старении и отмирании листьев. При старении пожелтение листьев начинается с части листовой пластинки, расположенной между жилками, а жилки и ткани около них сохраняют ещё зелёную окраску.</p> <p>У белокочанной и цветной капусты листья нижнего яруса при азотном голодании приобретают желтовато-зеленую окраску, которая затем переходит в розовую, оранжевую или пурпурную, рано усыхают листья, образуется мелкий кочан. В связи с тем, что у капусты признаки азотного голодания сходны с признаками фосфорного, причины голодания устанавливают, определяя содержание азота в черешках листьев.</p> <p>У картофеля дефицит азота проявляется острее недостатка других элементов. Резко задерживается рост:</p> | <p>го, в них больше накапливается нитратов. При сильном отравлении азотом растения погибают за несколько дней. Избыток азота задерживает усвоение растением калия.</p> | | |
|--|---|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | <p>нижние листья сначала светло-зелёные, затем желто-зелёные, края закручены внутрь (чашеобразный лист), клубни мелкие. Общий вид растений огурца и томата веретенообразный; стебли тонкие, жёсткие; листья, начиная с нижних, желто-зелёные, желто-бурые; цветки мелкие, многие опадают. Плоды огурца светло-зелёные, искривлённые, к концу заострённые, их кончик загнут. У томатов на обратной стороне жёлтых нижних листьев появляется фиолетовая окраска. Рост задержан. Стебли постепенно краснеют. У лука репчатого азотное голодание проявляется в задержке роста, листья образуются короткие, бледно-зеленые, краснеющие, начиная с верхушки.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь)</p> | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--------|---|---|--|---|---|
| | | Горох, фасоль, цветная и кочанная капуста, картофель, фруктовые деревья. | | | |
| Фосфор | <p>Фосфор является основным элементом, обеспечивающим энергетические процессы в клетках растений. Он также входит в состав РНК и ДНК, которые участвуют в самых важных процессах жизнедеятельности организмов – синтезе белка, росте и размножении, передаче наследственных свойств. Нуклеиновые кислоты образуют комплексы с белками нуклеопротеиды, участвующие в построении цитоплазмы и клеточного ядра. Фосфор</p> | <p>При недостатке фосфора – синевато-зеленая окраска, сопровождающаяся подчас бронзовым или пурпурным оттенком, обусловленным антоциановыми пигментами, появляются бурые или красно-фиолетовые пятна, которые постепенно захватывают весь лист. В первую очередь поражаются старые нижние листья, затем процесс распространяется на всё растение. При отмирании тканей листа появляются тёмные, иногда чёрные пятна. Засыхающие листья имеют тёмный, почти чёрный цвет, а при недостатке азота – светлый. На краях нижних листьев может появляться желтая, бурая или черная окраска. Признаки, появившиеся на нижних листьях, четко ограничены. При боль-</p> | <p>При избытке фосфора, что встречается довольно редко, у растения нарушается усвоение железа и цинка, что приводит к общему пожелтению, появляются яркие некротические пятна, листья рано опадают. Ускоряется развитие растения, оно быстро стареет. Высокие дозы фосфора увеличивают чувствительность растения к недостатку воды. Избыток фосфора также задерживает усвоение растением калия. Его можно косвенно вычислить по состоянию однолетних растений – на них заметно его нежелательное воздействие: быстрое, преждевременное старение. При избытке фосфора, что встречается довольно редко, у растения нарушается усвоение железа и цинка, из-за чего на листьях</p> | <p>Низкая температура почвы и воздуха, избыток ионов Al, Fe, Mn, хлорид - и нитрат - ионов в почве.</p> | <p>Почти все, прежде всего суглинистые и глинистые, преимущественно кислые.</p> |

| | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|
| | <p>входит в состав фосфатидов (фосфолипидов), которые образуют белково-липидные клеточные мембраны и регулируют их проницаемость для различных веществ. Значительное количество фосфора в растениях находится в составе фитина – запасного вещества семени, используемого как источник этого элемента во время прорастания. Важная группа фосфорорганических соединений в тканях растений – сахарофосфаты, образующиеся в процессах фотосинтеза, синтеза и распада углеводов. Фосфор входит</p> | <p>в недостатке рост замедляется, задержка фаз развития, особенно цветения и созревания, угнетенный рост, тонкие побеги, мелкие размеры молодых листьев, которые отходят от побегов под острым углом. Корни длинные, от бурого до черного цвета, с малым количеством боковых корешков. Боковых побегов бывает мало; а боковые почки отмирают или остаются спящими. Резко уменьшается число цветков, что снижает урожай зерна и плодов. Весной задерживается распускание почек, формирование листьев и цветков. Листья картофеля при фосфорном голодании не приобретают пурпурного или бронзового оттенка, но теряют блеск, их края закручиваются вверх. По периферии листьев появляются ожоги. Уменьшается количество</p> | <p>появляется межжилковый хлороз. Новые листья тонкие. Нижние листья закручиваются, появляются некротические пятна. Кончики и края листьев «обожжены». Избыток фосфора может приводить к общему пожелтению, опадению листьев и отмиранию кончиков корней.</p> | | |
|--|---|---|---|--|--|

| | | | | | |
|-------|--|---|--|--|---|
| | также в состав витаминов и многих ферментов. | <p>клубней, ухудшается качество клубней, в мякоти образуются бурые пятна, которые при варке затвердевают. У сахарной и листовой (мангольд) свёклы листья также теряют блеск и приобретают легкий бронзовый оттенок. У всех видов капусты вдоль жилок снизу старых листьев наблюдается пурпуровая окраска. При дефиците фосфора у томата сначала краснеют снизу старые листья, а позже всё растение. Плоды поздно развиваются, мелкие.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): морковь, горох, фасоль, томаты</p> | | | |
| Калий | Калий участвует в азотном обмене. Он играет важную роль в белковом обмене, особенно при питании растений аммо- | Признаки недостатка обычно в большей степени проявляются в середине вегетации, в период сильного роста растений. Рост растений резко задерживается. Окраска листьев голубовато- | При избытке калия также можно отметить замедление роста. Листья при этом приобретают более тёмный оттенок, а новые листья мельчают. Избыток калия приводит к затруднённому | Теплая и сухая погода, высокое содержание ионов Са и Mg в почве. | Прежде всего легкие и супесчаные, пойменные и торфяные. |

| | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|
| | <p>нийным азотом: активизирует работу ферментов, участвующих в синтезе белков. Калий необходим для включения фосфора в органические соединения. Помогает растению усваивать углекислоту из воздуха. Повышение уровня калийного питания растений заметно увеличивает количество CO_2, поглощаемого на единицу ассимиляционной поверхности листьев. Калий совместно с другими катионами регулирует физико-химическое состояние коллоидов протоплазмы, при этом повышает их</p> | <p>зелёная, тусклая, часто с бронзовым оттенком. При недостатке калия, в клетках происходит накопление аммиака, от чего начинается отмирание тканей (листья желтеют с краёв и начинают постепенно опадать). Характерный признак калийного голодания — светлая каёмка по всей поверхности листа. Причём пожелтение начинается с верхушки листа и далее вниз между жилок к черешку, а в дальнейшем побурение и отмирание кончиков и краёв листьев (краевой «ожог» листьев). Развивается бурая пятнистость особенно ближе к краям. Края листьев закручиваются, наблюдается морщинистость. Жилки кажутся погружёнными в ткань листа. Признаки недостатка у большей части растений, прежде всего, появляются на более старых нижних листьях. Стебель тонкий, рыхлый,</p> | <p>усвоению таких элементов как кальций, магний, цинк, бор и др. При избытке калия задерживается поступление большинства других элементов в растение, что приводит к задержке роста растений. Междоузлия удлиняются, листья светлеют. Нижние листья закручиваются, появляются пятна. Новые листья тонкие, с хлорозом между прожилок. Кончики и края листьев обожжены. Избыток калия приводит к дефициту других элементов — кальция, магния, цинка и железа. Кроме того, закисляется зона корней и кончики корней отмирают. В более поздние фазы на листьях появляются мозаичные пятна.</p> | | |
|--|---|---|--|--|--|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <p>гидрофильность. Способствует поступлению воды в клетку, повышает тургор, осмотическое давление и водоудерживающую способность растений. Под влиянием калия растения становятся морозоустойчивее, что связано с повышением содержания сахаров и увеличением осмотического давления в клетках. Он усиливает отток сахаров из листьев в другие органы, повышает активность ферментов, участвующих в углеводном обмене, в частности, сахарозы и амилазы. Этим объясняется положительное</p> | <p>полегающий. Недостаток калия вызывает обычно задержку развития бутонов или зачаточных соцветий, цветки не образуются либо они очень мелкие. Междоузлия укороченные, более тесное расположение долек листа, неравномерный рост листовой пластинки, морщинистость листьев, недостаточное развитие механических тканей, потеря тургора. Растения выглядят вялыми и отмирают. На листьях могут появиться пятна, которые сливаются. Корни длинные, слизистые, пожелтелые, с малым количеством боковых корешков. Кроме того, при недостатке калия растения легче подвергаются грибковым заболеваниям. Листья крестоцветных при калийном голодании становятся синевато-зелёными, на них развивается легкий "меж-</p> | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|
| | <p>влияние калийных удобрений на накопление крахмала в клубнях картофеля, сахара в корнеплодах, овощах и плодах. Калий способствует развитию проводящей сосудистой системы растений, утолщению стенок клеток, более мощному развитию лубяных пучков. Все это в конечном итоге способствует прочности стеблей и устойчивости их к полеганию. Особенно это заметно на озимой ржи, конопле, льне и яровой пшенице. Калий положительно влияет на выход и качество волокна льна и конопли.</p> | <p>жилковый хлороз". Крайя листьев закручиваются вниз, а обожжённые участки загибаются вверх. У цветной капусты ожоги постепенно распространяются между жилками листьев в направлении средней жилки. Рост замедляется, и листья становятся грубыми и невкусными. У картофеля при сильном голодании кусты разваливаются, приобретают тусклую синевато-зелёную окраску, между жилками появляются хлоротичные участки. Крайя и кончики листьев буреют, на нижней поверхности листьев многочисленные мелкие тёмно-бурые пятнышки постепенно сливаются. Верхняя поверхность листьев имеет характерный бронзовый оттенок. Листья сморщиваются и закручиваются вниз. Со временем они буреют, съеживаются и могут опасть; стебли поникают и па-</p> | | | |
|--|---|---|--|--|--|

| | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|
| | <p>При достаточном калийном питании повышается устойчивость растений к различным заболеваниям, например у хлебных злаков – к мучнистой росе и ржавчине, у овощных культур, картофеля и корнеплодов – к возбудителям гнилей.</p> | <p>дают на землю в виде коричневой массы. Сильно уменьшаются размеры клубней.</p> <p>Растения томата древеснеют и растут медленно. Листья становятся синевато-зелёными. Край нижних листьев приобретают сероватый оттенок и закручиваются вверх. На краях нижних листьев появляются ожоги, которые распространяются на верхние листья. Иногда на листьях появляются солнечные ожоги, а также мелкие жёлтые и оранжевые пятнышки. Плоды созревают неравномерно и на них остаются неясно очерченные зеленовато-жёлтые пятна.</p> <p>Огурец: края листьев бронзовые, плоды одутловатые к верхушке и узкие к ветви.</p> <p>Морковь: нижние листья бледно-серые, закрученные.</p> <p>Свёкла: слабо-развитый, корнеплод.</p> <p>У плодовых и ягодных культур листья голубова-</p> | | | |
|--|---|---|--|--|--|

| | | | | | |
|---------|--|--|--|--|--|
| | | <p>то-зелёные.</p> <p>Земляника: на листьях красная кайма, ягоды плохого качества, плохо хранятся, слабо окрашены.</p> <p>Смородина чёрная: листья с красно-пурпурным оттенком.</p> <p>Малина: листья свёрнуты вверх, цвет насаждений серый из-за опушённой нижней стороны листьев.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): капуста, брюква, фасоль, горох.</p> | | | |
| Кальций | <p>Участвует в углеводном и азотном обмене, обеспечивает проницаемость клеточных стенок. Соединения кальция с пектиновыми веществами участвуют в формировании клеточных стенок и склеивают между собой отдель-</p> | <p>Признаки недостатка появляются, прежде всего, на молодых листьях. Они бледнеют и скручиваются, становятся как будто гофрированными, затем отмирают. Края листьев неправильной формы, могут выглядеть опалёнными и бурого цвета. Наблюдается повреждение и отмирание верхушечных почек и корешков, сильная разветвлён-</p> | <p>Большое количество кальция в растениях ускоряет старение, от чего начинают опадать листья. Излишек кальция намного вреднее его недостатка: он вызывает соединения железа и делает их недоступными для растения, приводит к нарушению усвоения азота, калия и бора, вызывая межжилковый хлороз листьев и появление свет-</p> | <p>Сухая и теплая погода, колебание влажности почвы, избыток NH_4-ионов, калийных и магниевых удобрений.</p> | <p>Легкие и кислые, торфяные и засоленные.</p> |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | <p>ные клетки Катионы кальция играют важную роль в стабилизации структуры мембран, оказывают влияние на поступление других ионов в клетку, принимают участие в создании необходимого ионного равновесия, определяющего благоприятное физико-химическое состояние протоплазмы. Кальций активирует ряд ферментных систем клетки, играет важную роль в передвижении углеводов, оказывает влияние на превращение азотсодержащих веществ.</p> | <p>ность корней. Молодые побеги сгибаются (образуют крюк), листья желто-белые или желтые, изменение окраски начинается с кончиков и краев листьев, черешок под воздействием ломается. Растения выглядят вяло, на листьях может появиться опробковение, отмирание плодов начинается с чашечки. Корни короткие и скользкие, темно-коричневые или черные. Недостаток кальция приводит к понижению показателя pH раствора, при этом растение перестает усваивать и другие элементы питания. На фоне недостатка кальция можно отметить признаки «общего голодания». У картофеля верхние листья с трудом распускаются, точка роста стебля отмирает, в клубнях, начиная от места прикрепления, появляются участки отмершей ткани. Корни укороче-</p> | <p>лых бесформенных пятен отмирающих тканей листа.</p> | | |
|--|--|---|--|--|--|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | <p>ны, часто с вздутиями.</p> <p>У крестоцветных кончики молодых листьев часто загибаются в виде крючков, затем отмирают точки роста. У старых листьев деформируется и уменьшается в размерах мезофилл. На проростках появляются "хлоротичные пятна". Для многих корнеплодных растений (сахарная свёкла, мангольд, пастернак) при недостатке кальция характерно отмирание точек роста, а для моркови, кроме того, деформация молодых черешков.</p> <p>У листьев фасоли и гороха при кальциевом голодании деформируются края листьев или мезофилл, листья становятся бледными. Стебли сморщиваются близ точек роста, а плоды не достигают полного развития.</p> <p>На листьях клевера появляются краевые ожоги, черешки и цветоножки деформируются.</p> | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | | <p>У томатов отмирают стебли, листья и кисти, а плоды сильно поражает вершинная гниль. Загнивание цветковой части помидора вызывается недостатком кальция при развитии плода. Часто это проблема появляется из-за внезапного интенсивного повышения температуры или теплого воздуха, в результате которого растение может начать очень интенсивно развиваться, но кальций поступает очень медленно и в результате появляется гниль.</p> <p>Плодовые культуры могут характеризоваться значительными повреждениями: после образования пятен отмерших тканей на верхних листьях побег замедляет рост, верхушки его гибнут. Кончики корней отмирают.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь):</p> | | | |
|--|--|---|--|--|--|

| | | | | | |
|--------|--|--|---|---|--|
| | | томаты, цветная капуста, яблоня. | | | |
| Магний | <p>Магний входит в состав хлорофилла и участвует в фотосинтезе растений и стабилизирует структуру хлоропластов, входит в состав мембран и клеточных стенок участвует в создании необходимого ионного равновесия в цитоплазме. Магний активирует деятельность большого числа ферментов (около 300), катализирующих различные биохимические реакции. Играет важную роль в обмене азота и фосфора. Участвует в процессах обмена углеводов, органических кислот и жиров,</p> | <p>При недостатке магния наблюдается характерная форма хлороза – у краёв листа и между жилками зелёная окраска изменяется на жёлтую, красную, фиолетовую. Между жилками в дальнейшем появляются пятна различного цвета вследствие отмирания тканей. При этом крупные жилки и прилегающие к ним участки листа остаются зелёными. Кончики листьев и края загибаются, в результате чего листья куполообразно выгибаются, края листьев морщинятся и постепенно отмирают. Признаки недостатка появляются и распространяются от нижних листьев к верхним. У некоторых растений наблюдается ломкость листьев, связанная с повышенным содержанием в них воды. Растения запаздывают в развитии, задерживается цветение,</p> | <p>При избытке магния, у растения начинают отмирать корни, растение перестаёт усваивать кальций, и наступают такие симптомы, которые характерны при недостатке кальция. Листья становятся более темными, иногда наблюдается ненормальное скручивание молодых листьев. В ряде случаев листья могут уменьшаться в размерах. Избыток магния отрицательно влияет на поглощение и калия, и наступают такие симптомы, которые характерны при недостатке этого элемента.</p> | <p>Высокие дозы удобрений, содержащих ионы К, Na, NH₄.</p> | <p>Легкие песчаные и супесчаные, преимущественно кислые.</p> |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <p>эфирных масел, нуклеиновых кислот и витаминов. Катионы магния активируют нитратредуцирующие ферменты, необходимы для формирования полирибосом и синтеза белка. Магний участвует в передвижении фосфора в растениях. Он входит в состав фитина, который накапливается в семенах и служит источником фосфора при их прорастании. Магний ускоряет отток подвижных углеводов в репродуктивные органы и синтез крахмала.</p> | <p>замедляется рост растения, плоды растения не вызревают. Корни длинные, с большим количеством боковых корешков. Дефицит очень заметен в конце вегетации растений, но его можно обнаружить и у проростков, особенно в дождливую погоду. Очень сильно поражённые листья увядают и опадают или отделяются от стебля в увядшем состоянии. Растение может потерять очень большое число листьев. У томатов при магниевом голодании, прежде всего, развивается "межжилковый хлороз" нижних листьев или листьев, расположенных непосредственно над первой кистью. В дальнейшем на хлоротичных участках появляются жёлтые пятна. Иногда края листьев остаются зелёными, но загибаются вверх. Постепенно между жилками образуются нек-</p> | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | | <p>ротические пятна, листья увядают или висят на стебле. При сильном магнии-вом голодании хлороз может охватить все листья растений, за исключением самых молодых.</p> <p>У злаковых культур при параллельном жилковании листья становятся полосатыми, а у других - выступают зелёные жилки в виде ёлочки на белом фоне пластинки. Осветление листа начинается с краёв и развивается к середине.</p> <p>У некоторых овощных культур листья становятся багряными с зелёными жилками, поникают, затем отмирают.</p> <p>У плодовых культур заболевшие листья у основания побегов опадают, остаётся только несколько верхних листьев. Деревья ослаблены к перезимовке, образуют мало плодовых почек. На деревьях с большим урожаем дефицит маг-</p> | | | |
|--|--|---|--|--|--|

| | | | | | |
|------|--|---|--|--|---|
| | | <p>ния обостряется из-за оттока этого элемента из листьев в семена, листья опадают.</p> <p>У ягодных культур листья жёлтые, красные, пурпуровые.</p> <p>Листопад ранний, начинается с нижней части побега.</p> <p>Земляника: образуются ненормально тонкие листья ярко-зелёной окраски; межжилковая пятнистость начинается с краёв листьев.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): фруктовые деревья, виноград.</p> | | | |
| Сера | <p>Сера является одним из источников построения протеинов клеток. При недостатке серы образуются мелкие, со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшается рост и</p> | <p>При недостатке серы листья становятся светлыми, приостанавливается рост и развитие растения. Признаки недостатка серы сходны с признаками недостатка азота, появляются они, прежде всего, на молодых растениях. При этом пожелтевшие листья почти не опадают.</p> <p>Растения – ин-</p> | <p>При избытке серы листья постепенно желтеют с краёв и скучиваются, подворачиваясь внутрь. Затем буреют и отмирают. Иногда листья принимают не жёлтый, а сиренево-бурый оттенок. Наблюдается общее огрубение растений, листья мельчают.</p> | <p>Избыточные дозы фосфорных и азотных удобрений, высокая концентрация селена в почве, низкая температура.</p> | <p>Легкие, выщелоченные, с низким содержанием органического вещества.</p> |

| | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|
| | <p>развитие растений, происходит задержка созревания. Одна из основных функций серы в белках - это участие SH-группы в образовании ковалентных, водородных и меркаптидных связей, поддерживающих трехмерную структуру белка. Дисульфидные мостики между полипептидными цепями и двумя участками одной цепи (по типу S-S-мостика в молекуле цистеина) стабилизируют молекулу белка. Сера входит в состав важнейших аминокислот - цистеина и метионина, которые могут на-</p> | <p>дикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): бобовые, крестоцветные и лилейные растения.</p> | | | |
|--|---|---|--|--|--|

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>ходиться в растениях в свободной форме или в составе белков. Метионин относится к числу 10 незаменимых аминокислот и благодаря наличию серы и метильной группы обладает уникальными свойствами и входит в состав активных центров многих ферментов. Метиониновые остатки могут придавать молекуле белка гидрофобные свойства, что играет важную роль в стабилизации активной конформации ферментов в солевом окружении. Сера входит в состав многих витаминов и коферментов, таких</p> | | | | |
|--|---|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <p>как биотин, коэнзим А, глутатион, липоевая кислота. В связи с этим сера необходима для многих процессов. Сера является одним из ключевых элементов в синтезе белковых веществ и энергетических процессах в растениях. Серосодержащие белковые вещества участвуют в синтезе хлорофилла, синтезе масел. Недостаток серы имеет те же симптомы, что и недостаток азота, так как, оба эти элемента расходуются в основном на синтез белковых веществ, в том числе, ферментативных. При этом количество</p> | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|-----|--|--|---|---|---|
| | серного питания растения практически не сказывается на количестве урожая, но, отражается на содержании в плодах витаминов, белковых и липидных веществ, а также других важных соединений. | | | | |
| Бор | Бор участвует в образовании клеточных стенок и синтезе нуклеиновых кислот, ускоряет ряд жизненно важных процессов в растениях. Бор необходим для деления клеток, формирования репродуктивных органов, для нормальной жизнедеятельности точек роста, т.е. самых молодых частей рас- | Недостаток бора приводит к тому, что в тканях растений накапливаются токсичные вещества (хиноны), вызывающие отравление растения. Молодые верхушечные листья сначала утрачивают нормальную окраску у своего искривлённого основания. Верхушка может ещё в течение некоторого времени оставаться зелёной. Обычно поражённые ткани быстро распадаются, и если рост листа до его полной гибели продолжается дальше, то последний становится ис- | Избыток бора напротив начинается со старых нижних листьев. При этом на листьях появляются мелкие бурые пятна, постепенно увеличиваясь и приводя к отмиранию тканей листа. У пшеницы мелкий уродливый колос с сухим листом – "флагом". Картофель плохо прорастает, у него отмирают проростки; растения со слабой корневой системой, с бело-жёлтыми нижними листьями. Резко снижается урожай. Все овощные культуры на нижних листьях дают "краевой ожог", | Длительная засуха или избыточное увлажнение, интенсивное освещение, избыток азотных и калийных удобрений. | Кислые и щелочные, с избытком CaCO ₃ , лёгкие и орошаемые. |

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>тения. Играет важную роль в процессах опыления и оплодотворения цветков, созревания семян. Является важным компонентом синтеза РНК и ДНК. Стимулирует образование клубеньков на корнях бобовых культур. Дефицит В ослабляет деятельность гормонов и замедляет транспорт сахаров. Участвует в белковом и нуклеиновом обмене, в процессе фотосинтеза. Повышает толерантность растений к избыточным концентрациям в почвенном растворе токсических элементов: железа,</p> | <p>кривлённым или скрученным. Верхние листья отличаются нездоровой светло-зелёной окраской и закручиваются от верхушки к основанию. Главные жилки поражённых листьев приобретают коричневую или чёрную окраску и при сгибании листа легко ломаются. Листья бледнеют, хлороз распространяется от кончиков листьев. Листья прочные и хрупкие, уродливые, асимметричные, недоразвитые, междоузлия укороченные, точка роста отмирает. Растение плохо цветёт, цветы опадают или цветения не наступает вовсе. Замедленное развитие пыльцы уменьшает завязь, неправильно развивается плод. В кочанах и корнеплодах появляются пустые места. У фруктовых и овощных культур – плоды недоразвитые и уродливой фор-</p> | <p>листья коробятся, затем высыхают.</p> | | |
|--|---|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--|--|
| | <p>алюминия, марганца и меди</p> | <p>мы. Корни слабые, щетинистые, с большим количеством боковых, на концах утолщённых корешков. Многократные возобновления и гибель побегов и листьев приводят образованию густых мелких кустов с "розеточностью" листьев и "ведьминых метел" у древесных растений.</p> <p>Капуста цветная имеет бурую рыхлую головку, у неё повреждены стебель и корни.</p> <p>У картофеля сначала гибнут точки роста корней, потом верхушечная точка роста стебля, рост замедлен.</p> <p>Клубни мелкие с бурыми пятнами, при варке водянистые.</p> <p>У плодовых культур верх побегов засыхает, побег оголяется, а у его основания образуется "розетка" новых листьев изменённой формы. Плоды мелкие, уродливой формы, в мякоти и на кожице - опробковевшая</p> | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--|--|

| | | | | | |
|----------|---|--|--|--|--|
| | | <p>ткань, кожица в трещинах.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): сахарная, кормовая и столовая свекла, турнепс, сельдерей, капуста кочанная и цветная, шпинат, виноград, яблоны.</p> | | | |
| Молибден | <p>Входит в состав ферментов и принимает участие в азотном и фосфорном обмене.</p> <p>Входит в состав нитратредуктазы, необходим для процессов аминирования и переаминирования, биосинтеза белка; у бобовых культур входит в состав нитрогеназы – фермента, участвующего в фиксации атмосферного азота. Принимает участие в синтезе</p> | <p>При недостатке молибдена снижается содержание хлорофилла в тканях, на листьях, между жилками или по краю листа появляются жёлтые пятна. Симптомы проявляются вначале на старых листьях. Появляется ясно выраженная крапчатость; жилки листьев остаются светло-зелёными. Вновь развивающиеся листья вначале зелёные, но по мере роста становятся крапчатыми. Края листьев закручиваются и сохнут. У цветущих растений образуются цветки уродливых форм. Дефицит Мо похож на дефицит N, т.е. растения</p> | <p>Избыток молибдена приводит к нарушению усвояемости меди, с соответствующими признаками недостатка этого элемента.</p> | <p>Высокое содержание ионов Mn, Fe, Cu и сульфат-ионов в почве, высокие дозы нитратного азота.</p> | <p>Сильнокислые, легкие, серпентиновые с высоким содержанием органического вещества.</p> |

| | | | | | |
|----------|--|--|--|---|--|
| | <p>нуклеиновых кислот, витаминов, хлорофилла, фотосинтезе и дыхании, окислительно-восстановительных процессах и т.д. Входит в состав бактериальной ткани клубеньковых бактерий. Хорошая обеспеченность молибденом способствует увеличению использования растениями фосфора, кальция, магния и других элементов, а также синтезу фосфорорганических соединений.</p> | <p>плохо растут и листья светло-зеленого цвета. Желтые точки на листьях у цитрусовых - типичное проявление дефицита Мо. У крестоцветных окраска зеленая или зелено-синяя, листовая пластинка искривляется и редуцируется. Точка роста и сердечко отмирают. Цветение и образование семян замедляются. Уменьшаются величина, количество и изменяется цвет клубеньковых бактерий.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): цветная капуста, шпинат, салат, сахарная свекла, томаты.</p> | | | |
| Марганец | <p>Основная часть марганца сосредоточена в листьях и хлоропластах. Он активизирует реакции преобразования</p> | <p>Недостаток марганца приводит к узорчатости листьев и появлению на них мелких пятен из отмирающих тканей. Рост задерживается, но верхушечные точки роста не</p> | <p>Избыток марганца, в отличие от его недостатка проявляется чаще на кислых почвах. В результате избытка марганца в клетках растений уменьшается содержание хло-</p> | <p>Сухая погода, низкая температура почвы, низкая интенсивность освещения, высокое содержание</p> | <p>Со щелочной и нейтральной реакцией, избыток СаСО₃, торфяные,</p> |

| | | | | | |
|--|---|---|---|--|---|
| | <p>ди- и три-карбоновых кислот, входит в состав около 30 металлоферментных комплексов. Принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, являясь составной частью многих ферментов, таких как гидроксиламинредуктаза, восстанавливающий гидроксиламин до аммиака и ассимиляционный фермент, восстанавливающий диоксид углерода при фотосинтезе, увеличивает содержание сахаров, их отток из листьев в корни, усиливает дыхание. Участвует в усвоении азо-</p> | <p>отмирают, на вторых сверху листьях жёлтый межжилковый хлороз. Листья светло-зелёные, бело-зелёные, красные или серые ("серая пятнистость", "белый вилт"). На верхних листьях между жилками появляется желтовато-зелёная или желтовато-серая окраска, жилки остаются зелёными, что придаёт листу пёстрый вид. В дальнейшем участки хлорозных тканей отмирают, при этом появляются пятна различной формы и окраски. Признаки недостатка появляются, прежде всего, на молодых листьях и в первую очередь у основания листьев, а не на кончиках, как при недостатке калия. При недостатке марганца растения мало облиственные. У видов с широкими листьями жёлтые некротические пятна между жилками листа, в первую очередь проявляющиеся на молодых ли-</p> | <p>рофилла, поэтому при этом симптомы будут такие же, как и при недостатке магния, т.е. начинается межжилковый хлороз, в первую очередь со старых листьев, появляются бурые некротические пятна. Листья сморщиваются и облетают. В результате избытка марганца в клетках растений уменьшается содержание хлорофилла, поэтому при этом симптомы будут такие же, как и при недостатке магния, т.е. начинается межжилковый хлороз, в первую очередь со старых листьев, появляются бурые некротические пятна.</p> | <p>ние ионов P, Fe, Cu, Zn в почве</p> | <p>тяжёлые, с высоким содержанием органического вещества.</p> |
|--|---|---|---|--|---|

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>та, синтезе аскорбиновой кислоты. При его участии происходит окисление закисных форм железа, что устраняет их токсичность. При использовании растениями азота в форме нитратов он действует как восстановитель и, наоборот, при использовании азота аммония – как окислитель. Он активизирует действие индомилуксусной кислоты на рост клеток растений. При исключении марганца из питательной среды накапливаются неорганические соединения основных макроэлементов, нарушается в тканях рас-</p> | <p>ствах. Серовато-зеленые точки и полосы на базальной стороне листьев (трава, зерновые). У картофеля кончики листьев теряют блеск и бледнеют, листья остаются мелкими и закручиваются. Вдоль жилок появляются мелкие чёрно-бурые пятнышки, которые особенно многочисленны на бледных верхушечных листьях, но они могут появиться и на более старых еще зелёных листьях. Интенсивность этой крапчатости зависит от сорта. У свёклы столовой листья тёмно-красные, поражённые участки буреют и отмирают. У крестоцветных, прежде всего, отмечается мраморная пятнистость мезофилла. При сильном голодании листья полностью обесцвечиваются и только жилки остаются зелёными (например, у кормовой капусты).</p> | | | |
|--|---|--|--|--|--|

| | | | | | |
|------|---|---|---|----------------------|--------------------|
| | <p>тений баланс основных макроэлементов. Марганец влияет на передвижение фосфора из стареющих нижних листьев в верхние и репродуктивные органы. Участвует в высвобождении энергии из молекул, ее переносящих; в распаде гормонов растений; совместно с Fe в транспорте энергии, необходимой для фотосинтеза; в процессе усвоения N, При резком недостатке марганца не формируются органы плодоношения у редиса, капусты, томатов, гороха.</p> | <p>Плодовые культуры, кроме межжилкового хлороза на листьях, отличаются слабой облиственностью дерева, ранним листопадом, особенно верхних ярусов. Хлоротичные участки делаются тусклыми, буровато-серыми и отмирают (например, у савойской капусты). Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): сахарная и столовая свекла, бобы, фасоль, горох, огурцы, лук, шпинат, салат, чеснок, редис, редька, яблоны, абрикос, черешня, вишня, виноград, персик, слива.</p> | | | |
| Медь | Участвует в синтезе белков и | При недостатке меди теряется тургор листьев, | Избыток меди также чрезвычайно вреден для | Высокая концентрация | На торфяных и пес- |

| | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| | <p>углеводов, а так же в процессах фотосинтеза и дыхания, повышает устойчивость растений к грибковым заболеваниям. Активирует ряд окислительно-восстановительных ферментов: цитохромоксидазу, полифенолоксидазу, протеазы, нитратредуцирующие ферменты и др. Участвует в азотном обмене, усиливает азотфиксацию. Входит в состав медьсодержащего белка хлоропластов пластоцианина. Усиливает интенсивность дыхательных процессов, стимулирует фотосинтез. Регулирует содержание в</p> | <p>они скручиваются, а растение увядает. На листьях появляются белые хлорозные пятна. Верхушечные листья, с которых начинается проявляться недостаток меди, имеют слишком крупные размеры и бледную окраску. Хлороз и скручивание листьев вследствие отмирания их кончиков. Ослабленная завязь у злаков - падение урожайности при отсутствии видимых признаков дефицита. Уменьшение высвобождения пыльцевых зерен, приводящее к меньшему опылению цветков и снижению урожайности. Вызывает "повисание" ветвей кроны у деревьев и полегание злаков (низкий урожай). Симптомы дефицита часто проявляются на известковых и выщелоченных песчаных почвах, на почвах с высоким содержанием органических веществ или глины.</p> | <p>растения. Проявляется он в том, что растение тормозится в развитии, на листьях появляются бурые пятна, и они отмирают. Начинается процесс с нижних более старых листьев. Передозировка меди у томатов возникает в результате опрыскиваний растений медьсодержащими препаратами. Отравление медью выражается в появлении мелких черных точек на кожице зеленых и зрелых плодов. Использование таких плодов в пищу и на заготовки нежелательно. Корни при избытке меди утолщаются, приобретают темную окраску.</p> | <p>ионов P, N и Zn в почве, избыток растворимых соединений тяжелых металлов в почве, жаркая погода.</p> | <p>чанных почвах. С высоким содержанием органического вещества, кислые и песчаные, торфяные и рекультивированные.</p> |
|--|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <p>растениях и активность ауксинов и ингибиторов роста фенольной природы. Она стабилизирует действие хлорофилла и задерживает процесс старения листа. В основном в составе белков в зеленых клетках отвечает за связывание солнечной энергии; - Наряду с Zn, активизирует фермент, предотвращающий разрушение клеток растений. Участвует в процессе метаболизма белков и углеводов</p> | <p>Дефицит меди легче диагностировать по индикаторным растениям. У кукурузы кончики листьев лишены тургора, на них повисают капли жидкости, после высыхания которых остаются белесые сухие концы. При нехватке меди у подсолнечника образуются мелкие, кривые, уродливые соцветия. На томатах начальным признаком дефицита меди является некоторая вялость молодых листьев, не устраняемая поливом. При умеренном дефиците листья и черешки приобретают сероватую окраску. Цветки либо совсем не развиваются, либо они уродливые и немногочисленные, соцветия деформированные. О скрытом дефиците меди свидетельствует повышенная чувствительность томатов к фитофторозу. (Недаром существует народный метод</p> | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|------|---|---|--|---|--|
| | | <p>профилактики фитофтороза, при котором стебли томатов протыкают медной проволокой). В корнях концентрация меди выше, чем в стебле и листьях. Поэтому при нехватке меди в первую очередь страдают корни. Они плохо растут, легко поражаются гнилями.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): бобы, салат, лук, морковь, цветная капуста, редька, столовая свекла, шпинат, чеснок, укроп, груша, яблоня, слива, абрикос.</p> | | | |
| Цинк | <p>Цинк активирует более 200 ферментов: карбоангидразу, каталазу, пероксидазу, протеазы, липазы, большинство дегидрогеназ и др. Входит в состав ряда ферментов, участвующих в окисли-</p> | <p>Симптомы недостатка цинка развиваются на всем растении или локализованы на более старых нижних листьях. Вначале на листьях нижних и средних ярусов, а потом и на всех листьях растения, появляются разбросанные пятна серо-бурого и бронзового цвета. Ткань таких участков как бы</p> | <p>Признаки повышенного содержания цинка — водянистые прозрачные пятна на нижних листьях растений вдоль главной жилки. Пластинка листа с выростами неправильной формы становится неровной; через некоторое время наступает некроз тканей и листья опадают.</p> | <p>Высокие дозы фосфорных и азотных удобрений, обильное известкование, низкая температура, уплотненная почва, низкое содержание органического вещества.</p> | <p>Недостаток цинка испытывается чаще на карбонатных черноземах, осушенных торфяниках и почвах, имеющих реакцию,</p> |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|-------------------------------|
| | <p>тельно-восстановительных реакциях растения. Катализатор во многих ферментных системах. - В составе ферментов участвует в метаболизме крахмала и азота. Контролирует синтез аминокислоты триптофана (предшественника ауксина, регулятора роста). Участвует в фосфорном, углеводном, белковом обмене. Необходим для образования хлорофилла, стимулирует биосинтез витаминов и ростовых веществ – ауксинов. При дефиците цинка снижается образование АДФ и АТФ кислот, замедляется</p> | <p>проваливается и затем отмирает. Молодые листья ненормально мелки и покрыты жёлтыми крапинками или же равномерно хлоротичны, принимают слегка вертикальное положение, края листьев могут закручиваться кверху. Резко нарушается рост междоузлий, образуются низкорослые растения, а листья маленькие и толстые. Пятна появляются также на стержнях листьев и на стеблях. В большинстве случаев короткие междоузлия и хлоротические области в старых листьях, мелкие желтые точки, а на траве - желтые хлорозные междужилковые полосы. Голодание сильно выражено сразу после распускания листьев. Рост застывший, асимметричность листьев, укороченные междоузлия, розеточность и мелколистность. Листья бывают свернутые, хрупкие и лом-</p> | | | <p>близкую к нейтральной.</p> |
|--|--|--|--|--|-------------------------------|

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>транспорт фосфора из корней в наземные органы.</p> | <p>кие. На концах побегов деревьев появляется розетчатость. Корневая система слаборазвита и бурееет. Стебли тонкие, деревянистые.</p> <p>У картофеля на листьях появляется сероватобурый, бронзовый оттенок.</p> <p>Доли листьев узкие, свёрнутые вовнутрь. Рост заторможен.</p> <p>Клубни мелкие.</p> <p>У бобовых культур проявляется крапчатость листьев, заболевшие участки тканей отмирают. Особенно чувствительна к недостатку цинка фасоль, при остром голодании не образуются семена.</p> <p>У томата, тыквы, фасоли и других культур образуются мелкие, хлоротичные, пожелтевшие листья и мало плодов – они мелкие, рано созревают.</p> <p>У плодовых культур затормаживается рост побегов, на их верхних концах образуются розетки мелких, узких ивообраз-</p> | | | |
|--|---|--|--|--|--|

| | | | | | |
|--------|--------------------------------|---|--|-----------------------------|-----------------------|
| | | <p>ных листьев ("розеточность"); остальная часть побега либо без листьев, либо они крапчатые. У основания поражённых ветвей появляются новые недолговечные побеги с крапчатыми листьями. Многолетние ветви плохо ветвятся, поэтому крона становится редкой. Плоды уродливой формы и ненормальной окраски.</p> <p>Земляника имеет хлоротичные листья с волнистыми краями, сильно задержаны рост и развитие дочерних побегов растений.</p> <p>Это заболевание особенно остро проявляется в защищённом грунте.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): чеснок, абрикос, персик, слива, виноград, зеленые овощи, яблоня и груша.</p> | | | |
| Железо | Органические соединения, в со- | Степень растворимости железа усваиваемого | Избыток железа случается довольно редко, | Высокая влажность или пере- | С высоким содержанием |

| | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
| | <p>став которых входит железо, необходимы в биохимических процессах, происходящих при дыхании и фотосинтезе. Это объясняется очень высокой степенью их каталитических свойств. Неорганические соединения железа также способны катализировать многие биохимические реакции, а в соединении с органическими веществами каталитические свойства железа возрастают во много раз. Каталитическое действие железа связано с его способностью менять степень окисления. Атом желе-</p> | <p>корнями растений напрямую зависит от кислотности почвы, то количество легкоусвояемого железа больше на почвах с кислой реакцией рН. Следовательно, недостаток железа скорее образуется на щелочных почвах. При недостатке железа наблюдается равномерный хлороз между жилками листа. Окраска верхних листьев становится бледно-зелёной и жёлтой, между жилками появляются белые полосы, и весь лист впоследствии может стать белым. Проявляться это будет не так как при недостатке магния, когда пожелтение происходит вдоль жилок, а жёлтые пятна образуются сначала между жилками, а затем и по всей поверхности листа. Хлороз листьев начинается с молодых листьев из-за малоподвижности Fe в растении и затем распространяется на</p> | <p>при этом прекращается рост корневой системы и всего растения. Листья при этом принимают более тёмный оттенок. Если же в силу каких-либо причин избыток железа оказался очень сильным, то листья начинают отмирать и осыпаться без всяких видимых изменений. При избытке железа затрудняется усвоение фосфора и марганца, поэтому могут проявляться и признаки недостатка этих элементов.</p> | <p>увлажнение почвы, обилие Р и недостаток К в почве, низкая или высокая температура, избыток растворимых солей тяжёлых металлов в кислых почвах, плохая аэрация.</p> | <p>нием CaCO_3 и органического вещества.</p> |
|--|--|---|---|---|--|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <p>за окисляется и восстанавливается сравнительно легко, поэтому соединения железа являются переносчиками электронов в биохимических процессах. В основе реакций, происходящих при дыхании растений, лежит процесс переноса электронов. Процесс этот осуществляется ферментами - дегидрогеназами и цитохромами, содержащими железо. Железу принадлежит особая функция - неперемное участие в биосинтезе хлорофилла и метаболизме N и S.. Поэтому любая причина, ограничивающая</p> | <p>старые листья, охватывая всё растение. Очень большой недостаток железа вызывает ожоги краёв и кончиков листьев. Дефицит Fe часто вызывает отмирание побегов. Поэтому при остром недостатке железа неизбежно наступает гибель растений. У злаков хлороз проявляется в виде перемежающихся желтых и зеленых полос вдоль листа. У крестоцветных хлороз обуславливает мраморную пятнистость или полностью обесцвечивает некоторые листья. У сахарной свёклы и мангольда молодые листья покрываются хлоротичными пятнышками, а старые сохраняют нормальную зелёную окраску. Эти симптомы легко отличаются от жёлтой крапчатости, вызываемой недостатком марганца. Картофель очень устойчив к недостатку железа</p> | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | |
|---------|--|--|--|--|--|
| | <p>доступность железа для растений, приводит к тяжелым заболеваниям, в частности к хлорозу. При нарушении и ослаблении фотосинтеза и дыхания вследствие недостаточного образования органических веществ, из которых строится организм растения, и дефицита органических резервов, происходит общее расстройство обмена веществ. Необходимый компонент многих ферментов в растении.</p> | <p>в полевых условиях, но при большом недостатке этого элемента на верхних листьях проявляется хлороз. У томатов хлоротичные пятна развиваются на верхушечных листьях, особенно вблизи средней жилки и у основания листочков. У деревьев и кустарников зеленая окраска верхушечных листьев исчезает полностью, они становятся почти белыми, постепенно усыхают.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): цитрусовые, фруктовые деревья, виноград, томат, малина.</p> | | | |
| Кобальт | <p>В жизни растений кобальт, прежде всего, оказывает влияние на растяжимость тканей клеточек в пер-</p> | <p>Внешние проявления недостатка кобальта у растений аналогичны симптомам дефицита азота. Наблюдается хлороз листьев, замедляется рост растений. Цикл</p> | <p>Избыток кобальта включается растениями в транспирационный поток. Это приводит к обогащению краев и кончиков листьев данным металлом. Наибо-</p> | <p>Условия увлажнения, степень оподзоленности.</p> | <p>Кислые дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, извест-</p> |

| | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|
| | <p>воначальные фазы развития. Кобальт входит в состав витамина В₁₂. Недостаток витамина В₁₂ в продуктах питания человека приводит к заболеванию злокачественным малокровием, при котором наблюдается постепенное уменьшение содержания гемоглобина в крови. При недостатке кобальта в кормах меньше 0,25 мг/кг сухого вещества крупный рогатый скот, овцы, козы, особенно молодняк, заболевают сухоткой или акальтозом. Сущность заболевания проявляется в потере животными аппетита,</p> | <p>развития растений укорочен. Наиболее четко симптомы недостатка кобальта проявляются у бобовых.</p> <p>Растения – индикаторы (на которых признаки дефицита проявляются в первую очередь): фасоль, горох, свёкла, капуста и виноград.</p> | <p>лее характерным признаком избытка кобальта является побеление и отмирание данных участков.</p> | | <p>ковые почвы, избыток марганца и железа.</p> |
|--|---|---|---|--|--|

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>истощении организма, грубошёрстности, слабости. Кобальт активизирует работу фосфатаз, альдолазы, органазы, глицил-глицинде-поптидазы, ферментов белкового обмена – лецитиназы и аминок-пептидазы. участвует в фиксации молекуляр-ного азота клубенько-выми бак-териями, в восстанов-лении N₂ до NH₃ в растениях.</p> | | | | |
|--|---|--|--|--|--|

Контрольные вопросы задания:

1. Значение и роль азота, фосфора и калия в питании садовых культур.
2. Что такое растения-индикаторы?
3. Роль микроэлементов в жизни растения.
4. Каковы признаки недостатка макро- и микроэлементов у плодово-ягодных культур?
5. Как влияют влажность и температура на поступление питательных веществ в растение?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии освещены вопросы рационального применения удобрений под садовые культуры: изложены факторы, влияющие на эффективность удобрений, рассмотрены методы определения доз минеральных удобрений с учётом имеющихся удобрений в хозяйствах. Уделено внимание особенностям питания культур, требованию их к почвенным условиям, видам и формам минеральных удобрений.

Отдельное внимание уделено растительной диагностике садовых культур, в которой изложена роль элементов питания в развитии растения, признаки недостатка и избытка минеральных веществ и факторы, влияющие на доступность и усвоение азота растениями, даже при высоком содержании элемента в почве.

Изучив данное пособие, обучающиеся смогут воспользоваться полученными в процессе освоения дисциплин знаниями, умениями и навыками в своей профессиональной деятельности. Будущие специалисты смогут самостоятельно проводить проектирование агротехнических мероприятий для садовых культур, учитывая вновь появляющиеся на рынке удобрения, препараты и т.д.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПЕРСОНАЛИЙ (ГЛОССАРИЙ)

Агроценоз – (агробиогеоценоз) – совокупность живых (растения, животные, насекомые и др.), косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, кора выветривания), биокосных (почва, природные воды) и антропогенных (растения, удобрения, мелиоранты, пестициды и др.) компонентов природы и деятельности человека, обитающих на землях сельскохозяйственного и лесного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений или древесных насаждений, взаимодействующих путём обмена вещества и потоков энергии в пределах однородного участка земной поверхности.

Баланс элементов – соотношение статей прихода и расхода питательного элемента в агроценозе. Абсолютные показатели баланса: положительный (со знаком «+»), если приход больше расхода на установленную величину (кг/га, г/м² д.в.); отрицательный или дефицитный (со знаком «-»), если приход меньше расхода на установленную величину; нулевой (уравновешенный, бездефицитный, со знаком «0»), если приход равен расходу.

Вынос элемента питания растениями – общее количество питательного элемента, содержащегося в основной и побочной продукции, отчуждаемой с поля. Биологический вынос элементов – содержание во всех органах надземной и подземной частей убираемой культуры, включая корневые и пожнивные остатки растений, то есть в биологическом урожае. Хозяйственный вынос элементов – содержание в основной (товарной) и побочной продукции культуры, убираемых с поля, то есть в хозяйственном урожае. Относительный вынос (затраты) элементов – содержание в единице (т) основной с соответствующим количеством побочной продукции убираемой культуры.

Действующее вещество (д.в.) – основной питательный элемент, содержащийся в удобрениях.

Динамика потребления питательных элементов – потребление элементов питания в течение вегетационного периода.

Доза удобрения (мелиоранта) – количество удобрения (мелиоранта), вносимого под конкретную культуру за один приём, которое выражают: при внесении минеральных удобрений в кг действующего вещества (д.в.) на гектар, в г д.в./м², мг/сосуд и др.; при внесении органических удобрений и мелиорантов в т/га, кг/м², г/сосуд.

Коэффициент использования питательного элемента почвы (КИП) – отношение количества элемента вынесенного с хозяйственным урожаем культуры (Bo) к количеству (запасу) его (в усвояемой для растений форме) в почве (З), который определяют по формуле: $КИП = \frac{Bo}{З} \cdot 100$ и выражают в долях от единицы или в процентах (если умножают, как в формуле, на 100).

Коэффициент использования питательного элемента удобрения (КИУ) – отношение количества элемента, вынесенного с хозяйственным урожаем культуры, к общему количеству его, внесённому с удобрением.

Локальное внесение удобрений – внесение удобрений, которое обеспечивает его размещение очагами различной формы (лентами, в гнездо, в рядок).

Минеральные удобрения – удобрения промышленного или ископаемого происхождения, содержащие питательные элементы в минеральной форме (соли).

Основное внесение удобрений – внесение основной массы удобрения до посева и посадки.

Питательный элемент – элемент удобрения, необходимый для роста и развития растений.

Подкормка растений – внесение удобрений в период вегетации растений.

Разбросное внесение удобрений – внесение удобрения, которое обеспечивает сплошное его размещение по поверхности почвы разбрасывателями.

Рядковое внесение удобрений – внесение удобрений при посеве или посадке растений в рядки.

Севооборот – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) на полях и во времени. Период, в течение которого культуры и пар в установленной последовательности проходят через каждое поле севооборота, называется ротацией, а последовательность чередования – схемой севооборота.

Система удобрения конкретного агроценоза – это всесторонне обоснованные виды, дозы, соотношения и способы применения удобрений, мелиорантов, определяемые с учётом биологических потребностей культур в питательных элементах, чередования их в севообороте и фактического плодородия почв, для получения максимально возможных урожаев культур хорошего качества при имеющихся природно-экономических ресурсах с одновременной оптимизацией показателей плодородия почв.

Способ внесения удобрения – прием внесения удобрения под сельскохозяйственную культуру. По способам внесения различают допосевное (основное) удобрение, послепосевное удобрение (подкормка), припосевное (припосадочное) удобрение, обработка семян перед посевом.

Технология внесения удобрений – комплекс последовательных производственных операций по внесению удобрения.

Токсичность – высокая концентрация элементов в почвенном растворе оказывает влияние на рост корней и вызывает гибель растений.

Удобрения – вещества для питания растений и повышения плодородия почв.

Форма минерального удобрения – характеристика вида удобрения по химическому составу.

Химическая мелиорация почв – улучшение физико-химических свойств кислых и солонцовых почв путем проведения известкования и гипсования почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдонин, Н.С. Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. – М., 1972. – 175 с.
2. Агрохимия /Под редакцией Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. –584 с.
3. Борисов, В.А. Удобрения овощных культур. / В.А. Борисов. – М.: Колос, 1978. – 207с.
4. Борисов, В.А. Качество и лёжкость овощей. / В.А. Борисов, С.С. Литвинов, А.В. Романов. М., 2003 – 616 с.
5. Борисов, В.А. Система удобрения овощных культур. / В.А. Борисов М.: ФГБНУ «Росинформанротех», 2016 – 392с.
6. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с
7. Вендило, Г.Г. Удобрение овощных культур: справочное руководство/ Г.Г. Вендило, Т.А. Миконаев, В.Н. Петриченко, А.А. Скаржинский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.
8. Державин, Л.М. Составление проекта на составление удобрений: рекомендации / Л.М. Державин, И.В. Колокольцева, Н.К. Скворцов. – М.: Ростинформагротех, 2000. – 155 с.
9. Дерюгин, И.П. Питание и удобрение овощных и плодовых культур / И.П. Дерюгин, А.Н. Кулюкин. – М.: МСХА, 1998. – 326 с.
10. Дерюгин, И.П. Минеральное питание и удобрение плодовых и ягодных культур / И.П. Дерюгин. – М.: МСХА, 2006. – 72 с.
11. Журбицкий, З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий – М.: АН СССР, 1963. – 293 с.
12. Кидин, В.В. Система удобрения: Учебник / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. – 534 с
13. Куликов, И.М. Система производства, переработки и доведения до потребителя ягод в Нечернозёмной зоне России / Под ред. И.М. Куликова– М.: ВСТИСП, 2005. – 172 с.
14. Магницкий К.П. Контроль питания полевых и овощных культур. – М.: Московский рабочий, 1964. – 300 с.
15. Михайлова, Л.А. Особенности питания и удобрение основных сельскохозяйственных культур на почвах Предуралья: учебное пособие / Л.А. Михайлова, Т.А. Кротких –Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. – 193 с.
16. Михайлова, Л.А. Уобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур: учебное пособие. /Л.А. Михайлова, М.Г. Субботина, М.А. Алёшин.- Пермь; ИПЦ «Прокрость», 2019. – 247 с.
17. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник. / В.Г. Минеев. – М.:Из-во Моск. Ун-та; Наука, 3-е изд., 2006. – 720 с.
18. Пискунов, А.С. Азотный режим дерново-подзолистых почв и условия эффективного использования азотных удобрений под зерновые культуры в Предуралье: Автореф. дис...докт. с.- х. наук / А.С. Пискунов. – М., 1988. – 31 с.
19. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения: практическое руководство / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: Ледум, , 2000. – 185 с
20. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Под ред. Милащенко Н.З. – М., 1993. – 864 с.
21. Сапун, М.П. Применение удобрений под овощные культуры. – Минск: Госиздат, 1957. – 144 с.

22. Спиваковский, Н.Д. Удобрение плодовых и ягодных культур 2-е изд. исправл. и доп. /Н.Д. Спиваковский. – М.: Изд-во с.х. литературы, 1962. – 347 с.
23. Царькова, Т.Ф. Облепиха / Т.Ф. Царькова. – М.: ВО Агропромиздат», 1987. – 32 с.
24. Церлинг, В.В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур. – М.: Наука, 1978. – 216 с.
25. Церлинг, В.В. Диагностика минерального питания сельскохозяйственных культур /В.В. Церлинг, 1990. – 325 с.
26. Шеуджен, А.Х. Агрохимия: учебное пособие / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – С. 766-852.
27. Ягодин, Б.А. Кобальт в жизни растений / Б.А. Ягодин. – М.: Наука, 1970. – 312 с.

Список рекомендуемой литературы

а) основная литература

1. Кидин, В.В. Система удобрения: учебник* для бакалавров / В.В. Кидин. - Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 479 с.
2. Кротких, Т.А. Эколого-агрохимические основы применения удобрений в Предуралье: <учебное пособие>* / Т.А. Кротких, Л.А. Михайлова. - Пермь: Пермская ГСХА, 2013. – 298 с.
3. Михайлова, Л.А. Особенности питания и удобрения основных сельскохозяйственных культур на почвах Предуралья: учебное пособие / Л.А. Михайлова, Т.А. Кротких. - Пермь: Пермская ГСХА, 2012. – 223 с.
4. Михайлова, Л.А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур: учебное пособие. /Л.А. Михайлова, М.Г. Субботина, М.А. Алёшин.- Пермь; ИПЦ «Прокрость», 2019. – 247 с.

б) дополнительная литература:

1. Агрохимия: учебник. / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, Наука, 2006. – 720 с.
2. Борисов, В.А. Система удобрения овощных культур. / В.А. Борисов М.: ФГБНУ «Росинформанротех», 2016 – 392с.
3. Кидин, В.В. Основы питания растений и применения удобрений. / В.В. Кидин. – М.: изд-во РГАУ-МСХА, 2008. – Ч. 1. – 415 с.
4. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур. /Кидин В.В. – М.:изд. РГАУ-МСХА, 2009. – 412 с.
5. Михайлова, Л.А. Диагностика минерального питания и удобрения плодово-ягодных культур: <учебное пособие> / Л.А. Михайлова, М.Г. Субботина, М.А. Алешин; ред. Л.А. Михайлова; рец.: Л. А. Ежов, А. М. Канунников. - Пермь: Пермская ГСХА, 2013. - 137с.

Учебное издание

Михайлова Людмила Аркадьевна, Пинаева Мария Игоревна

**АГРОХИМИЯ.
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
ПОД ОСНОВНЫЕ САДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Учебное пособие

Подписано в печать 03.08.23. Формат 60×84¹/₁₆
Усл. печ. л. 10,75. Тираж 30 экз. Заказ № 42

ИПЦ «Прокрость»

Пермского государственного аграрно-технологического университета
имени академика Д.Н. Прянишникова
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23 тел. (342) 217-95-42