ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА»
(ФГБНУ ФНЦО)

На правах рукописи

БЕЛОВА СОФЬЯ ВИКТОРОВНА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МОРКОВИ И СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ЛУГОВОЙ ПОЧВЕ

Специальность: 4.1.4 – садоводство, овощеводство,
виноградарство и лекарственные культуры

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научные руководители:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Борисов Валерий Александрович
доктор биологических наук,
профессор Надежкин Сергей Михайлович

Москва - 2025

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ

С наступлением научно-технического прогресса воздействие человека на природу неизбежно возрастает. Растущая экологическая и социальная нагрузка обостряет вопрос об обеспечении полноценного питания. Овощи, богатые углеводами, белками, жирами, витаминами, ферментами, гормонами, органическими кислотами, минералами и другими веществами, считаются важным источником природных антиоксидантов. Среди них выделяют ферменты, бета-каротин, альфа-токоферол, аскорбиновую кислоту, флавоноиды, кумарины, биологически активные соединения, незаменимые аминокислоты, иммуномодуляторы и минеральные элементы. Эти антиоксиданты помогают устранять свободные радикалы, канцерогены, тяжёлые металлы и радионуклиды, способствуя их выведению из организма. Это положительно влияет на здоровье и помогает продлить жизнь (Литвинов, 2000; Голубкина, 2020; Kushwaha, 2025).

Корнеплоды, такие как свекла столовая и морковь, являются важными продуктами питания с высоким содержанием витаминов и полезными свойствами для здоровья. Их употребление положительно влияет на работоспособность и способствует увеличению продолжительности жизни. Особую ценность моркови определяет большое количество провитамина А, а также его активных форм - альфа- и бета-каротина, которые играют важную роль в питании человека. В химическом составе свеклы столовой содержится целый ряд полезнейших для человека соединений, в частности бетанина, а также в корнеплоде содержатся витамины – С, группы В, А, Е, РР, бетанин (Новиков, 2014; Moulick, 2023).

Развитие овощеводства в России приобретает все большее значение в связи со складывающейся современной ситуацией: международные санкции, пандемические ограничения и необоснованный рост цен на мировом рынке сельхозпродукции актуализировали необходимость создания в собственной продовольственной базе кластера «борщевого набора», составной частью

которого являются морковь и свекла столовая. Необходимость выращивания овощей в Московской области также связана с большой территорией страны и её удалённостью от традиционных районов, где развито коммерческое овощеводство, при этом численность населения Москвы и Московской области за последние годы значительно возросла. Его плотность на этой территории равна 169 человек на кв. километр, а общее количество жителей Московской области в начале 2020 года составило 7,5 миллионов человек по данным Росстата (https://rosstat.gov.ru/vpn/2020).

Быстрое развитие промышленности в России и вызванный этим рост населения создают для сельского хозяйства необходимость увеличивать общий объём выращивания овощей, таких как морковь и столовая свекла. Одним из основных способов повышения урожайности считается применение удобрений. С одной стороны, для получения хороших результатов необходимо вносить большие объёмы удобрений, но, с другой стороны, их необоснованное увеличение может замедлить развитие растений, снизить качество продукции и нарушить баланс почвенных экосистем. Поэтому разработка оптимальной системы минерального питания овощных культур и диагностика минерального питания столовой свеклы и моркови при органической и минеральной системах удобрения является необходимым условием дальнейшей интенсификации производства овощей (Черников, Соколов, 2009; Kushwaha, 2025).

Потребность растений в удобрениях зависит, как известно, от содержания в почве доступных данной культуре питательных веществ, от темпа развития растений, от их способности использовать питательные вещества почв и удобрений, а также от величины планируемого урожая. Исходя из этого, очень важно контролировать питание культур на протяжении всей вегетации (Минеев, 1984; Barker, Pilbeam, 2006).

Методика почвенной и растительной диагностики рекомендуется как один из методов агрохимии для проведения такого контроля обеспеченности питания культур и получения планируемых урожаев.

Почвенно-растительная диагностика включает химический и морфобиометрические анализы растений по этапам формирования урожая н его структурный анализ. Наряду с этим ведется учет изменений в режимах и свойствах почв с использованием общепринятых методов анализов: агрохимических, физических, физико-химических, биохимических, минералогических и др (Ермохин, Бобренко, 2017; Weil, 2021).

Почвенная диагностика позволяет определить плодородие почв. Для этого важно учитывать свойства почвы в пахотном и подпахотном горизонте до начала посева, а также следить за изменениями наиболее важных характеристик в течение вегетационного периода.

Растительная диагностика, как комплекс методов, помогает оценить обеспеченность растения питательными веществами на основе его собственных показателей во время роста и развития. Для этого используют биометрические данные о росте и развитии растения (включая структуру урожая), внешние признаки его состояния и изменения химического состава растений по периодам вегетации.

Растительная диагностика применяется в нескольких направлениях: для мониторинга питания растений и определения потребности в подкормке; для корректировки системы использования удобрений; при оценке агрохимических свойств почвы по наличию доступных форм питательных веществ; для изучения способности выведенных селекционерами сортов усваивать питательные элементы из почвы и удобрений; а также при изучении вопросов о питании растений (Церлинг, 1990; Barker, Pilbeam, 2006). Диагностика может быть визуальной, по характерным признакам голодания, а также химической, в том числе тканевой (определение валового содержания питательных веществ или неорганических форм). Лучшим индикаторным органом для тканевой диагностики чаще всего являются черешки листьев (Магницкий, 1964; Barker, 2006).

Теоретической основой растительной диагностики являются закономерности питания растений по этапам формирования урожая.

В ряде случаев показания метода растительной диагностики не согласовываются с данными почвенных анализов по содержанию подвижных форм питательных элементов. Полученные результаты указывают на необходимость оптимизации применения удобрений и более тщательной разработки лимита обеспеченности растений отдельными элементами питания совмещая растительную и почвенную диагностики, учитывая климатические, почвенные и др. факторы.

Применение почвенной и растительной диагностики используется как один из методов агрохимии для проведения контроля обеспеченности питания культур, а также получения планируемых высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Почвенно-растительная диагностика включает химические и биометрические анализы растений по этапам формирования урожая и его структурный анализ (Церлинг, 1990; Barker, Pilbeam, 2006).

Овощные культуры требовательны и чувствительны к условиям минерального питания и уровню плодородия почвы (Борисов, 2016). Их потребность в удобрениях зависит, как известно, от содержания в почве доступных данной культуре питательных веществ, от темпа развития растений, от их способности использовать питательные вещества почв и удобрений, а также от величины планируемого урожая. При построении системы удобрений и расчёте доз необходимо учитывать, что столовая свекла в Нечернозёмной зоне выносит из почвы на 10 т основной продукции (с учётом соответствующего количества побочной) N – 46,6 кг, P_2O_5 – 17,5, K_2O – 69,3 кг, а морковь – N 28,5 кг, P_2O_5 12,8, K_2O 43,6 кг. Для создания высокой продуктивности моркови и свеклы столовой требуется поддерживать содержание нитратов, фосфора и калия в пахотном слое в определенных пределах в зависимости от этапа развития культуры. Поэтому важен контроль питательных веществ в почве в основные периоды роста растений и возможность их корректировки, что позволяют сделать методы диагностики питания по анализу почвы (Державин,1988; Церлинг, 1990;

Борисов, 2016).

Актуальность темы исследования. Ключевой проблемой овощеводства в России остаются низкие показатели урожайности и низкое качество продукции. Именно на решение этих вопросов должна быть ориентирована стратегия развития отрасли в XXI веке, поскольку в ближайшем будущем обеспечение населения продовольствием станет одной из наиболее актуальных глобальных проблем (Литвинов, 2001).

Раньше при разработке технологий выращивания овощей основное внимание уделялось урожайности и себестоимости, а качество продукции было на втором плане. Из-за этого возникали такие проблемы, как большие потери при хранении и наличие вредных веществ в овощах.

В последние годы вопрос качества стал более важным, особенно с увеличением числа небольших фермерских хозяйств, в которых нередко содержание нитратов превышает нормы ТР ТС 021/2011. Это требует пересмотра количества вносимых минеральных удобрений, чтобы снизить загрязнение уже на этапе роста. Почвенная и растительная диагностика питания растений помогает понять, сколько питательных веществ нужно культурам, а также скорректировать дозы удобрений. Благодаря этому, достигается эффективное и экологически безопасное использование минеральных удобрений, так как не вносятся большие дозы основного удобрения, которые не всегда полностью используются растениями за весь период вегетации.

Цель исследования – усовершенствовать приемы выращивания моркови и свеклы столовой за счет использования корневых подкормок основными макроэлементами (NPK) на основании почвенной и растительной диагностики при выращивании их на аллювиальной луговой почве Москворецкой поймы.

Задачи:

1. Определить динамику основных питательных веществ в почве при выращивании столовых корнеплодов с внесением удобрений, на основании

почвенной и растительной диагностики рассчитать дозы удобрений для подкормок;

2. Оценить биометрические показатели растений в зависимости от применения корневых подкормок;

3. Определить агрономическую эффективность корневых подкормок основными макроэлементами (урожайность, структура урожая);

4. Установить биохимические показатели качества продукции в зависимости от применения корневых подкормок (сухое вещество, сахара, бетанин/каротин, нитраты);

5. Рассчитать потребление, вынос и коэффициенты использования питательных веществ столовыми корнеплодами;

6. Оценить сохранность корнеплодов при зимне-весеннем хранении в зависимости от системы применения удобрений;

7. Оценить экономическую эффективность применения удобрений при выращивании столовых корнеплодов.

Научная новизна. Усовершенствованы приемы выращивания моркови и свеклы столовой на аллювиальной луговой почве за счет использования корневых подкормок. Обоснован регламент проведения корневых подкормок на основе результатов листовой и почвенной диагностики. Выявлены закономерности динамики содержания элементов питания в почве в течение вегетационного периода. Установлено влияние корневых подкормок на биометрические показатели растений свеклы и моркови столовой, их урожайность и структуру урожая, а также на биохимический состав продукции. Определена экономическая эффективность применения минеральных удобрений при выращивании столовых корнеплодов. Установлены КИУ для моркови и свеклы столовой, так, у моркови КИУ азота составил 21-37%, КИУ фосфора 26-38%, КИУ калия 35-95%, а у свеклы столовой 64-76%, 29-45% и 50-103% соответственно.

Теоретическая и практическая значимость. Применение расчетных норм удобрений под морковь (60 т/га) обеспечило урожайность 62,6 т/га,

включая 58,8 т/га стандартной продукции. Для столовой свеклы использование $N_{175}P_{75}K_{270}$ (на планируемую урожайность 50 т/га) дало 52,7 т/га общей и 47,9 т/га стандартной продукции. Корневые подкормки на основе почвенной диагностики повысили урожайность моркови на 19,8%, свеклы – на 17,8%, а при растительной диагностике – на 11,5% для обеих культур.

На создание 10 т урожая основной продукции с учётом побочной, растения моркови потребляли, в зависимости от вариантов основного внесения и подкормок: N 13,0-17,4 кг, P_2O_5 6,3-9,1 кг и K_2O 25,5-30,5 кг, свеклы столовой - N 37,5-44,9 кг, $P_2O_5$11,1-14,9 кг и K_2O 49,4-56,7 кг; коэффициенты использования питательных веществ для растения моркови составили N – 19, P_2O_5 – 5, K_2O – 38; для свеклы столовой – N – 42, P_2O_5 – 6, K_2O – 55.

Экономическая эффективность при выращивании моркови и свеклы столовой наиболее высокая при применении биокомпоста в сочетании с подкормкой, рассчитанной по почвенной диагностике: чистый доход у моркови составил 497,8 тыс. руб/га, обеспечивший уровень рентабельности 121,8%, а у свеклы столовой 338,2 тыс. руб/га и 82,0% соответственно.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке ресурсосберегающих технологий возделывания овощных культур в хозяйствах региона, учебном процессе в высших учебных заведениях.

Методология и методы исследования. Методический подход основан на изучении источников научной литературы, определении цели, постановке задач и разработке программы исследований. Используемые методы включают лабораторные и полевые исследования, статистический анализ экспериментальных результатов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- содержание основных элементов минерального питания в почве и черешках листьев столовых корнеплодов при их выращивании на аллювиальной луговой почве;

- закономерности изменения содержания питательных элементов в черешках листьев столовых корнеплодов и в почве в процессе вегетации;

- биометрические показатели растений в зависимости от применения корневых подкормок, агрономическая эффективность корневых подкормок;

- биохимические показатели качества продукции и ее сохранность в зависимости от применения корневых подкормок (сухое вещество, сахара, бетанин/каротин, нитраты);

- потребление, вынос и коэффициенты использования питательных веществ столовыми корнеплодами;

- экономическая эффективность применения удобрений при выращивании столовых корнеплодов.

Степень достоверности. Обоснованность выводов и надёжность рекомендаций для производства подтверждаются обширными полевыми, камеральными и лабораторными опытами, а также комплексным подходом к работе. Достоверность обеспечивается точностью лабораторных анализов и подкрепляется математической обработкой данных. Результаты опубликованы в журналах из списка ВАК Министерства науки и высшего образования РФ и представлены на конференциях.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на: Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективные технологии и приемы управления продуктивностью агроэкосистем на мелиорированных землях» Тверской государственный университет, г. Тверь, 30 сентября 2022 г.; XI Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в селекции овощных, бахчевых и цветочных культур на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды» ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Одинцовский г.о., п. ВНИИССОК, 15-18 июля 2024 г.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации автором опубликовано 6 научных работ, из которых 4 – в рецензируемых

изданиях, рекомендованных ВАК РФ,

Личный вклад. Обоснование значимости тематики, разработка методики проведения исследований, проведение полевых опытов, анализ полученных данных и наблюдений, математическая и статистическая обработка экспериментальных данных проводилась индивидуально автором или при его участии.

Структура и объем работы. Диссертационная работа представлена на 143 страницах, включая введение; обзор литературы; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; заключение; рекомендации; библиографический список и приложение. Список использованное литературы включает 240 источников. В работе представлено 15 рисунков и 24 таблицы.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 **Биологические особенности свеклы столовой и моркови**

Ботаническое описание. Морковь посевная относится к семейству Сельдерейные (Apiaceae) и считается растением с двухлетним периодом роста. Её цветки собраны в сложные зонтики, а плоды называют двусемянками. Первый лист появляется через 10–15 дней после появления всходов. Утолщение корнеплода начинается через 40–60 дней после посадки семян. Корнеплоды ранних сортов полностью созревают за 80–100 дней, а поздних — за 120–140 дней.

Столовая свекла относится к семейству Маревые (Chenopodiaceae) и является двулетним растением. Её листья расположены поочерёдно, имеют длинные черешки, мягкие на ощупь, с зубчатым или волнистым краем, окрашены в красный или фиолетово-красный цвет. Черешки обычно ярко-красного оттенка. Соцветие представляет собой метёлку. Цветки собраны в группы по 2–8 штук, они обоеполые и сросшиеся. Плод представляет собой коробочку, которая срастается с одревеснevшим околоцветником и соседними плодами, образуя твёрдое образование, известное как клубочек (Минич, 2009).

Особая ценность и физиологическое значение свеклы столовой и моркови в питании человека обусловлена видоизмененным главным корнем и стеблем, что в совокупности называется корнеплод, который в свою очередь очень богат содержанием углеводов, в основном сахарами, а также разнообразным набором витаминов.

Корнеплодные растения различаются по соотношению массы листьев и корня. Особенно ценятся сорта с маленькой листовой розеткой, так как их листья более продуктивны, а корнеплоды содержат меньше грубых волокон (Тараканов, Мухин, Шуин, 2003).

При прорастании семян первым появляется зародышевый корешок,

который становится главным корнем. С развитием настоящих листьев камбиальное кольцо увеличивает диаметр корня, а внешний слой отмирает. Для правильного формирования корнеплода важно соблюдать расстояние между растениями: при загущении корнеплоды деформируются и плохо растут. На неглубоких или удобренных свежим навозом почвах корнеплоды моркови могут расти криво и ветвиться.

Корнеплод у моркови имеет монокамбиальное строение: запасные вещества накапливаются в паренхиме коры, наружный слой ярко окрашен, а внутренняя часть более грубая. У свеклы корнеплод поликамбиальный: через 10–12 дней после появления листьев начинается формирование нескольких камбиальных колец (всего 8–12), что приводит к образованию концентрических зон прироста. Молодые кольца активнее старых (Тараканов, Мухин, Шуин, 2003).

Отношение к факторам внешней среды. Корнеплодные культуры по-разному реагируют на условия внешней среды. Морковь холодоустойчива и переносит колебания температур (от 8–10 °С до 22–26 °С), в то время как свекла требовательна к теплу, её всходы повреждаются уже при -3 °С. Обе культуры предпочитают длинный световой день, что ускоряет формирование корнеплодов. Свекла более светолюбива, чем морковь.

Оптимальная влажность почвы для этих культур — 75–85%. При недостатке воды они способны добывать влагу из глубоких слоёв почвы, но регулярный полив увеличивает урожайность.

Морковь лучше растёт на плодородных супесчаных или лёгких суглинистых почвах (Литвинов, Борисов, 1998) с глубоким пахотным слоем около 30–32 см (Духовская, 1989). В.А. Борисова и И.И. Вирченко (1998) рекомендуют двухярусную вспашку и чизелевание, так как у моркови при такой обработке повышается урожайность и качество корнеплодов. Н.А. Палилов, В.С. Дьяченко (1962), А.Г. Стариков (1969), Р.Г. Колтунова (1985), В.А. Колтунов, И.П. Яковлев (1987) отмечали, что выращенные на торфяниках корнеплоды моркови хранятся дольше. Требования к почве:

гумусовый слой не менее 35–40 см, pH 6,0–7,1, содержание фосфора и калия — 20–25 и 18–20 мг/100 г соответственно.

Свекла предпочитает дерново-подзолистые и чернозёмные почвы, но может расти на любых типах почв при правильной агротехнике. Однако кислая реакция среды плохо сказывается на развитие корнеплода (Авдонин, 1982; Колтунов, Чепурный, 1989 и др). Оптимальные показатели: pH 6,0–7,5, содержание гумуса — не менее 2%, фосфора и калия — 15–20 и 15 мг/100 г.

Лучшими предшественниками для моркови являются томаты, горох, травы, капуста (Галеев, 1983; Алексашин, 1976; Литвинов, 1992; Jorgensen, 1984). Для свеклы подходят ранняя капуста, морковь, тыквенные и бобовые культуры. Корнеплоды (репа, брюква) нежелательны из-за общих вредителей. Свеклу возвращают на прежнее место через 3–4 года (Борисов, Ванеян, Ермаков, Егоров, 1991; Литвинов, 1992).

Потребность в элементах питания. Потребность моркови и свеклы столовой в макро- и микроэлементах не одинакова, так как эти культуры имеют морфофизиологическую разницу, которая проявляется в питании растений, соотношении надземной и подземной частей и разной урожайности. В разные периоды развития корнеплоды также не одинаково потребляют элементы питания.

Морковь является представителем растений, которые вбирают в себя большое количество питательных элементов из почвы. З.И. Журбицкий (1962) утверждал, что для формирования урожая 100 ц, растение моркови тратит около 32,3 кг азота, 10,2 кг фосфора и 38,0 кг калия, то есть ровняется соотношению N32,6:P14,3:K53,1 питательных веществ, вносимых в почву с удобрениями. Морковь обладает замедленным ростом, поэтому она не нуждается в повышенном количестве питательных веществ в усвояемой форме во время всей вегетации. Высокая концентрация солей в почвенном растворе пагубно влияет на развитие моркови (Переднев, 1976; Борисов, 1978).

Начиная со всходов и до появления первого настоящего листа, морковь

в большей степени нуждается в фосфоре, он нужен для укоренения проростков и в последствии для развития корней. Если растение будет испытывать нехватку фосфора, то рост корневой системы будет замедлен и как следствие, будет получена низкая урожайность. Если в этот период моркови необходим фосфор, то азот на данном этапе не должен превышать норму потребления, чтобы избежать нежелательного переизбытка аммиака (Литвинов, Борисов, 1998). Важным является и то, что концентрация почвенного раствора не должна превышать 0,01%, так как на ранних этапах роста культура крайне чувствительна к этому показателю (Станков, 1978).

В период активного роста листового аппарата, морковь начинает потреблять больше азота. Если азота было недостаточно, слабая ботва не даст сформироваться высокому урожаю.

Больше всего питательных веществ нужно культуре морковь после линьки корня, в период формирования корнеплода. Калий совместно с фосфором активизирует правильной рост корнеплода. При нехватке калия ухудшается режим воздушного питания, цвет листьев изменяется, приобретая желтую окраску (Сазонова, Попов, 1983). При нормальной обеспеченности калием, большие дозы аммиачного азота не наносят вред растению. Калий вовлекается в биосинтез углеводов и витаминов, при нехватке этого элемента нарушается рост корнеплода и замедляется поступление питательных элементов из верхней части растения в верхнюю. Однако в период формирования корнеплода морковь более лояльна к концентрации почвенного раствора, и переносит его повышение до 0,05% (Тараканов и др., 2003).

Развитие свеклы столовой происходит несколько иначе, чем у моркови. В процессе роста эта культура формирует большой объём биомассы, из-за чего требует значительно больше питательных веществ и нормально реагирует на повышенную концентрацию почвенного раствора. Для получения 100 ц корнеплодов она потребляет 27,0 кг азота, 15,3 кг фосфора и 43,0 кг калия. Соотношение между этими элементами составляет

31,6:17,9:50,5 (Журбицкий, 1962).

Нуждаемость в элементах питания в разные периоды развития у свеклы столовой аналогична моркови: во время всходов семян появляется потребность в фосфоре, в период образования листового аппарата нужен азот и при образовании корнеплода необходим калий. В ряде исследований отмечается, что столовая свекла может восполнять нехватку одного питательного элемента за счёт другого. Так, недостаток калия можно устранить внесением натрия, избыток кальция - калийными или борными удобрениями, избыток магния - кальцием, а высокий уровень азота - добавлением фосфора и калия (Масловский, 2001).

Свекле столовой для нормального развития необходимы такие микроэлементы как бор, медь, марганец, цинк, молибден и др. Обычно в почве их содержания недостаточно для культуры, и их вносят с совместно с основными удобрениями (Масловский, 2001).

Свекла столовая отрицательно относится к повышенной кислотности почвы. Данную проблему как правило решают известкованием, однако это нужно делать очень осторожно, чтобы не заблокировать поступление бора и марганца, что вероятно при избыточных дозах извести. (Вендило и др., 1986).

Пищевые достоинства исследуемых культур. Широкое использование моркови связано с её высокой пищевой ценностью. В корнеплодах моркови содержатся витамины С, В1, В2, В6, РР, Е, К, каротин, минеральные вещества К, Na, Ca, P, Fe, Al, B, I, Mn, Cu, Zn, сахара (глюкоза, сахароза, фруктоза), клетчатка, крахмал, пектины, белки и аминокислоты (аланин, аспарагин, глицин, лизин, серин). Морковь обладает полезными свойствами и применяется для профилактики и лечения дефицита витаминов, анемии, проблем с желудочно-кишечным трактом, болезней печени, почек, сердца, а также в косметологии. Морковный сок полезен при болезнях глаз, воспалениях во рту, простудных заболеваниях и для увеличения выработки молока у кормящих женщин (Минич, 2009).

В корнеплодах свеклы содержатся жиры, клетчатка, пектины, сахара (глюкоза, фруктоза, сахароза), органические кислоты (яблочная, лимонная, щавелевая), витамины C, B1, B2, B6, B9, P, PP, U, минеральные вещества Na, K, Ca, Fe, P, I, Mg, Mn, бетанин. Свекла помогает при анемии и улучшает состав крови. Её используют при нехватке витаминов, для снижения давления и предотвращения атеросклероза. Она оказывает противовоспалительное, мочегонное и обезболивающее действие, стимулирует работу кишечника и печени, улучшает жировой обмен. Пектиновые соединения помогают выводить из организма вредные вещества, токсины и соли тяжёлых металлов (Минич, 2009).

1.2 **Влияние удобрений на урожайность и качество столовых корнеплодов**

Применение удобрений может давать разные результаты, на которые влияют такие факторы, как количество вносимых удобрений, время их внесения, методы использования, виды удобрений и их сочетание. Кроме того, на эффективность удобрений существенно влияют внешние условия, включая климат и агрохимические свойства почвы.

На пойменных почвах Нечерноземной зоны РФ под морковь рекомендуется вносить фосфорно-калийные удобрения, дополнительное азотное питание важно вносить, если в почве выявлен недостаток нитратного азота. Выращивание моркови в условиях отсутствия азотных удобрений допускается для возделывания продукции под детское питание или питание диетического назначения, для того, чтобы избежать повышенное содержания нитратов в корнеплодах (Борисов, 2016). Помимо этого, многие авторы описывают в своих трудах отрицательное влияние азотных удобрений, если их доза составляет более 150 кг д.в. на га, однако B. Gever и P. Bastian (1976) в своем опыте вносили 250 кг/га азота и получили высокий урожай корнеплодов моркови, важным условием при этом было оптимальное

соотношение других макроэлементов и хорошая влагообеспеченность. По мнению M. Rhodes, норма внесения азотных удобрений не должна превышать 90 кг/га, а количество калия следует поддерживать в диапазоне 170–250 кг/га. Т.М. Духовская (1984, 1989) предлагала вносить органические и минеральные удобрения совместно, навоз 40 т/га и минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Благодаря массовой закладки опытов по всей территории страны в разных почвенно-климатических зонах можно определить оптимальные дозы внесения удобрений для каждой области, где возделывается овощная продукция (Вендило и др, 1986). На дерново-подзолистых почвах под морковь, исходя из запаса питательных элементов и предполагаемой урожайности (500–1000 ц/га), рекомендуется вносить удобрения в таких дозах: азотные — 40–110 кг д.в./га, фосфорные — 20–90 кг д.в./га, калийные — 70–130 кг д.в./га. На пойменных минеральных почвах дозу вносимых азотных удобрений уменьшают до 40–90 кг д.в./га, а количество калийных увеличивается до 80–150 кг д.в./га. Нормы фосфорных удобрений не меняются и остаются как на дерново-подзолистых почвах.

На торфяных почвах количество вносимого азота уменьшается до 30–50 кг д.в./га, а дозы фосфорных удобрений поднимают до 50–110 кг д.в./га, калийных — до 90–170 кг д.в./га. Чрезмерное использование минеральных удобрений, особенно азотных, а также органических удобрений негативно влияет на урожайность моркови. Тем не менее, культура положительно реагирует на последействие повышенных доз минеральных и органических удобрений, внесённых под предшествующие культуры.

Среди различных видов удобрений для моркови хорошо зарекомендовали себя сульфат аммония и мочевино-формальдегидное удобрение. Они разлагаются постепенно, обеспечивая растения питанием на протяжении всего периода роста. Меньший эффект дают удобрения с содержанием нитратов (селитра). При использовании калийных удобрений лучше применять сернокислый калий, калимагнезию и метафосфат калия.

Преимущество этих удобрений связано с наличием в них дополнительных элементов питания в виде магния и серы, также в них отсутствует хлор, который может оказывать неблагоприятное действие на культуру (Борисов, 1978; Алексеева, 1986).

Столовой свекле по сравнению с морковью для обеспеченности питательными элементами необходимо внесение гораздо больших доз минеральных удобрений. Не в зависимости от почв свекла столовая всегда положительно реагирует на внесение азота. Л.И. Кораблева (1969) в своих трудах пишет, что при внесении удобрений в дозе $N_{120}P_{120}K_{150}$ урожай столовой свеклы увеличивается на 240% по сравнению с контролем на дерново-пылевато-песчаной слоистой почве. На луговых тяжелосуглинистых почвах центральной и притеррасной пойм реки Оки также наблюдаются значительные прибавки, прибавка составляет 34 и 26%. В.С. Новиков (1978) при изучении питания этой культуры на луговых почвах, внося $N_{120}P_{60}K_{180}$ получил прибавку к контролю 21%.

Чтобы достичь урожайности столовой свеклы на уровне 200–500 ц/га на дерново-подзолистых почвах, необходимо вносить азотные удобрения в объеме 60–140 кг д.в./га, фосфорные — 50–100 кг д.в./га и калийные — 90–170 кг д.в./га. На пойменных почвах нормы внесения азота составляют 70–140 кг д.в./га, фосфора — 60–100 кг д.в./га, а калия — 110–210 кг д.в./га. На торфяных почвах потребность в калийных удобрениях возрастает до 140–220 кг д.в./га, при этом нормы азота равны 40–80 кг д.в./га, а фосфора — 70–120 кг д.в./га. Столовая свекла положительно отзывается на внесение органики аналогично моркови, если их применяли под предшествующую культуру (Вендило и др., 1986).

Однако использование таких больших доз минеральных удобрений в основное внесение под свеклу столовую или морковь, как правило не рентабельно и научно неоправданно. Это связано с тем, что в разные периоды развития культуры ей нужны разные элементы, например, фосфор необходим корнеплодам в первые этапы роста (Петрова, 1968; Переднев,

1976; Красочкин, 1952). Если уровень фосфора в почве достаточно высокий, то более правильным будет внесение фосфора в виде припосевного удобрения в рядки в дозе 10 кг д.в. на га (Борисов, 1968).

При рассмотрении различных видов удобрений для столовой свеклы оптимальными азотными удобрениями являются натриевая и аммиачная селитра. Они обеспечивают интенсивное азотное питание в течение короткого периода (июнь-июль), когда свекла особенно нуждается в этом элементе. Кроме того, натрий, входящий в состав селитры, способствует развитию корнеплода. Среди калийных удобрений для столовой свеклы лучше всего подходят хлористый калий и калимагнезия (Вендило, Брагина, 1978).

Использование удобрений влияет не только на урожайность, но и на биохимические свойства продукции, а также на её внешний вид. Несмотря на различия между морковью и столовой свеклой, воздействие определённых удобрений даёт схожий физиологический эффект. Однако эффективность удобрений прямо пропорционально зависима от видов почвы, от количества содержащихся в ней макро и микроэлементов и в целом от ее плодородия (Толстоусов, 1974).

По литературным данным азотные удобрения способствуют накоплению каротина в корнеплодах моркови и ускоряют белковый обмен. Однако излишнее внесение азота приводит к потере уровня сухого вещества и углеводов, из-за чего корнеплоды моркови становятся водянистыми. При чрезмерном росте клеток ксилемы корнеплоды становятся рыхлыми или даже полыми. Большое количество азотных удобрений также вызывает накопление небелкового азота, что способствует появлению патогенной микрофлоры. Такие корнеплоды плохо хранятся и могут начать прорастать зимой. Если азота вносится слишком много, а фосфора и калия недостаточно, корнеплоды теряют в весе, что снижает урожайность (Борисов, 2016).

Фосфор способствует накоплению сахара в корнеплодах, но почти не влияет на количество каротиноидов. Если фосфора не хватает, в моркови

начинают накапливаться органические соединения азота, что замедляет образование белков. В литературе также отмечается положительное влияние фосфора на накопление сухих веществ в растениях свеклы столовой и моркови (Заводиленко, 1986).

Калий играет ключевую роль в развитии корнеплодов. Благодаря калийным удобрениям активизируется фотосинтез, а также повышается содержание дисахаридов, каротина и сухих веществ в корнеплодах. (Толстоусов, 1974). При недостатке калия может нарушиться углеводный обмен. Без необходимого количества калия моносахариды остаются в листьях, замедляется передача углеводов в корнеплоды, снижается эффективность фотосинтеза, а превращение простых сахаров в сложные прекращается (Борисова и др., 2017).

В зависимости от формы минеральных удобрений, они по-разному оказывают влияние на биохимические показатели качества корнеплодов моркови. Калийные удобрения, имеющие в своем составе хлор, дают положительные эффект на накопление каротиноидов и сухого вещества Масловский, 2001).

Положительное влияние органических удобрений на качество корнеплодов не доказано, разве что они могут привести к снижению нитратов в корнеплодах.

Имеется большое количество данных, позволяющих определить связь между биохимическим составом корнеплодов и дозами, сроками, методами внесения удобрений, а также их видами. Согласно данным В.С. Новикова (1978), при возделывании столовой свеклы на аллювиальной луговой почве использование азота в количестве N_{60} приводит к снижению содержания сухого вещества. При увеличении азота до N_{120} наблюдается рост уровня сахаров в корнеплодах, так как повышенные дозы азотных удобрений активизируют рост растения и улучшают способность корней впитывать воду. В результате в растение поступает больше воды, а белки, которые

хорошо удерживают влагу, задерживают её. Этот процесс приводит к биологическому разбавлению сахаров (Масловский, 2001).

Не мало исследователей подчёркивают положительное влияние фосфорных и калийных удобрений на накопление сухого вещества и сахаров в столовых корнеплодах. Даже при чрезмерном использовании этих удобрений их вредное воздействие не обнаружено. По мнению В.В. Панкова (1978), это связано с тем, что растения имеют буферную систему, которая сохраняет минеральные элементы в разных состояниях, помогая им приспособиться к изменениям состава среды.

Фосфорно-калийные удобрения, преимущественно совместно с небольшими дозами азотных, оказывают заметное влияние на накопление сухого вещества, сахаров и каротина на различных почвах, что отмечают многие эксперты. На пойменных почвах С.А. Масловский (2001) писал о благоприятном влиянии фосфорно-калийных удобрений на накопление сахаров в корнеплодах минуя применение азотных удобрений.

Если азот вносить в небольших дозах (60 кг д.в. на га), то в корнеплодах моркови повышается количество сахаров при возделывании этой культуры на пойменных почвах, однако это работает только при хорошем увлажнении, в засушливые года такая доза приведет к снижению биосинтеза сахаров. Высокие дозы азота (120) приводят к снижению сахаристости корнеплодов моркови. При внесении калийных удобрений в продукции накапливается больше дисахаров, это положительно влияет на лежкоспособность корнеплодов и их устойчивости к болезням (Борисов, 1968).

K. Skribic (1987) говорит о том, что при увеличении дозы азотных удобрений до 90 кг д.в. на га наблюдается возрастание содержания каротина и сахаров в растениях моркови при линейной корреляции между внесенной дозой азотных удобрений и возрастанием количества нитратов. При поднятии количества азота до 120 кг д.в. на га, содержание сухого вещества также начинает возрастать.

Азотные удобрения являются источником нитратов в сельскохозяйственной продукции. Эти вещества накапливаются в вакуолях растений и служат резервным запасом азота. Тем не менее, несмотря на их важность для растений, избыточное количество нитратов в организме человека может вызвать отравление. Это состояние проявляется нарушением способности гемоглобина переносить кислород, что приводит к метгемоглобинемии. Токсическое действие нитратов начинает проявляться при дозе 2 мг NO_3 на 1 кг массы тела человека, а при дозе 5 мг/кг их концентрация становится опасной для здоровья.

Техническим регламентом Таможенного союза (ТР ТС 021/2011) установлены допустимые нормы содержания нитратов: для моркови — 250 мг/кг, для столовой свеклы — 1400 мг/кг. Для диетического и детского питания предельно допустимая концентрация нитратов в корнеплодах столовой свеклы составляет 400 мг/кг. В результате длительных исследований, проведённых ВНИИО — филиалом ФГБНУ ФНЦО, были определены максимальные дозы азотных удобрений, которые обеспечивают содержание нитратов ниже допустимых норм: для моркови — 90 кг/га, для столовой свеклы — 120 кг/га (Литвинов, Борисов, 1998).

Свекла столовая имеет особенную способность к накоплению нитратов в своих корнеплодах в большом количестве. В.В Церлинг (1971), А.С. Зинкевич (1978) связывают это с биологическими особенностями культуры, а именно причина в том, что свекла столовая двулетняя культура и урожай собирают не в конце цикла онтогенеза, а наоборот в его середине, когда в тканях растения запасающего азота должно быть много.

J. Haben (1973) считает, что незначительное увеличение дозы азотных удобрений может повысить содержание общего азота в растениях, не изменяя при этом уровень нитратов. Он предполагает, что весь азот будет направлен на образование аминокислот. Однако при слишком высоких дозах азотных удобрений начинается накопление нитратов, поскольку растение не справляется с переработкой такого количества азота.

М.Э. Ярван (1978) в своих работах отмечает, что при увеличении дозы азотных удобрений со 105 до 160 кг д.в./га количество нитратов в корнеплодах моркови увеличивается. Но дальнейшее увеличение дозы может привести к снижению уровня нитратов. T. Geissler и B. Geyer (1978) в своих опытах не зафиксировали роста содержания нитратов при больших дозах азотных удобрений, отметив, что их концентрация оставалась стабильной.

Многие авторы указывают на связь между накоплением нитратов в корнеплодах и погодными условиями: уровнем освещённости, температурой воздуха, влажностью почвы и частотой осадков (Steger, 1966; Bolcke, 1972; Борисов, Новиков, 1978).

Минеральные удобрения воздействуют на биохимические показатели качества корнеплодов, но их влияние на товарность продукции слабое. Общий вывод заключается в том, что применение сбалансированного комплекса минеральных удобрений помогает повысить количество товарных корнеплодов. Товарность моркови можно увеличить, используя фосфорные удобрения во время посева. В годы с большим количеством осадков высокие дозы азотных удобрений вызывают растрескивание корнеплодов, и они теряют товарный вид. Внесение органического удобрения в избытке может привести к разветвлению корнеплодов моркови и также снизить количество стандартной продукции (Журбицкий, 1963).

1.3 **Степень изученности минерального и органического питания почв**

Агрохимия как самостоятельная наука и метод растительной диагностики появились уже после того, как у человека сложилось первое представление о почвенном плодородии, об использовании различных приемов его сохранения, а так улучшения. До эпохи Возрождения, когда человек подошел к более детальному изучению обеспечения растений питательными элементами, он уже вносил удобрения в почву, например, такие, как навоз, зола, известь, сидераты и др. Еще в 1563 г. французский

ученый Бернар Палисси писал о том, что соль необходима для роста растений, и чтобы избежать обеднения почв, соль нужно возвращать в земли в виде соломы (Кидин, 2013).

Ян Баптист ван Гельмонт примерно в 1629 году провел первый вегетационный опыт, в котором шла речь об изучении именно питания растений. Однако по результатам опыта ученый сделал совершенно ошибочный вывод. Ван Гельмонтом посчитал, что растения образуются из воды. Позднее, в 1699 году, Джон Вудворд представил результаты своих опытов с мятой. Растения были выращены в дождевой, речной и сточной воде. По итогам этого опыта был уже получен верный вывод. По его мнению, растения образуются не из воды, а из «особого землистого вещества», таким образом впервые было доказано, что зольные вещества имеют значение для развития растений (Кирюшин, 2016).

Значительный вклад в развитие агрохимии как науки внёс французский химик Антуан Лавуазье. Именно в его работах начали формироваться основы теории минерального питания растений (Юсуфов, Магомедова, 2003).

В 1837 году Карл Шпренгель, немецкий ученый, достаточно правильно описал свое видение о внесении удобрений и о питании растений минеральными элементами в своих писаниях. В его книгах написано: «Растения из неорганических веществ, получаемых ими из почвы и воздуха, образуют тела органические с помощью света, тепла, электричества и влаги...» «Воздух остается всегда одинаковым по своему составу, но нельзя сказать того же о почве; поэтому необходимо возмещение утраченного ею, причем нужно обращать внимание на так называемые минеральные вещества, чем на кислород, углерод и водород, т. к. эти последние растения находят в воздухе; что же касается азота, то он должен быть также внесен в связанной форме, т. к. большинство растений не имеет способности притягивать достаточно азота листьями...» (Кирюшин, 2016).

Начало агрохимии как науки положили ученые: Ж. Б. Буссенго во Франции и Ю. Либих в Германии. Юстус фон Либих разработал методы анализа органических веществ, в том числе способы сжигания, и усовершенствовал лабораторное оборудование, сделав его проще и эффективнее. Он проводил эксперименты с белками, органическими кислотами, алкалоидами и жирами, а также разработал методики гидролиза сложных молекул. Одно из важнейших, что сделал Либих, это синтез органического вещества, так как в те времена это считалось невозможным. Затем Либих подарил агрохимии учения о минеральном питании растений (Кирюшин, 2016).

Жан Батист Буссенго закладывал вегетационные и полевые опыты в 1837–1838 гг., по их завершению он пришло к тому, что наиболее значимый элемент в удобрениях - это азот. Количественные методы химического анализа в агрономии появились благодаря Ж. Б. Буссенго. Их использование дало возможность исследовать содержание, баланс и круговорот питательных элементов в сельском хозяйстве, а также более осмысленно оценивать плодородие почвы (Кидин, 2013).

А. Н. Энгельгардт считается одним из первых агрохимиков в России. Он преимущественно изучал фосфорные удобрения и места рождения фосфоритов (Минеев, 1984).

Д.И. Менделеев провел первые полевые опыты с применением удобрений и пришел к тому, что кислые почвы необходимо известковать, вносить фосфоритную муку, суперфосфат, азотные и калийные удобрения в сочетании с навозом.

Основоположником отечественной агрохимической школы считается Д. Н. Прянишников. В 1892 году он разработал научно обоснованную теорию азотного питания растений, основанную на результатах вегетационных экспериментов и химических анализов. Именно благодаря его усилиям в России появились первые агрохимические опытные станции, научно-исследовательские институты и кафедры агрохимии (Кидин, 2013).

Помимо острой проблемы сохранения плодородия почв важными вопросами является разработка мер по питанию растений микроэлементами из почвы и удобрений для получение больших и при этом качественных урожаев. Изучение динамики морфологических, биометрических и химических показателей растения в течение онтогенеза при разных уровнях обеспеченности почвенным питанием дает средства к более полному пониманию их потребности в питательных веществах и служит основой для разработки мер по направленному воздействию питанием на формирование урожая (Церлинг, 1990). Одним из методов решения вопроса направленного воздействия через почву на формирование урожая являются методы диагностики питания растений.

Использование данных химического анализа растений для определения потребности в удобрениях в нашей стране впервые было предложено Сабининым Д.А. (1932), который считал, что для этих целей выжитый сок растений менее пригоден, чем анализ пасоки.

Впоследствии стали широко использоваться экспресс-анализы свежих тканей растений или их сока. Разработкой данных методов занимались Г.С. Давтянов (1934), К.П. Магницкий (1954) и В.В. Церлинг (1965). Многие ученые предпочли сосредоточиться на определении общего содержания питательных веществ (H. Lundegardh, 1951; З.И. Журбицкий, 1963; W. Tnomas, 1937; В.В. Церлинг, 1963; В.В. Панков, 1964; H. Charman, 1964; Beauchamp, 1940; G. Romagnoli, G. Fravato, 1964; O. Lorens, K. Tyler, Fullmer, 1964; F. Fellmer, 1957; Ю.И. Ермохин, 1966; Н.Н. Арефьева, 1970.).

Основоположники метода листовой диагностики, ученые Lagatu H., Maume L. (1926), сравнивая по анализам почв и растений потребность последних в удобрениях, пришли к выводу, что растительный анализ более пригоден. В методе листовой диагностики определение потребности растений в элементах питания определяется по валовому содержанию питательных веществ в листьях уже закончивших свой рост, но активно функционирующих. Занимаясь листовой диагностикой важно учитывать

генотипические особенности растений, которые определяют различие в их требованиях к минеральному питанию растений. Прежде всего, это связано с циклом онтогенеза, что накладывает свой отпечаток на перераспределение питательных веществ и на потребность их в определенном сочетании элементов в питательной среде в определенный этап развития (Церлинг, 1983, 1990).

Тканевая диагностика является более перспективным методом, анализ проводится в таких индикаторных органах растения, как черешки листьев или их средние жилки. В свежих образцах неорганические формы питательных веществ извлекаются в 2%-ой уксуснокислой вытяжке или ацетатно-буферном растворе. По сравнению с определением валового содержания минеральных элементов в листьях, тканевая диагностика в несколько раз сокращает время на подготовку и анализ образцов (Борисов, 2016).

За рубежом тканевую диагностику разработали и предложили американские ученые Г. Гофер (1930), Е. М. Эммерт (1935), Р. Каролюс (1943), В. Томас (1945), Торнтон (1930), А. Ульрих (1948) и английские исследователи Уоллес (1938) Л. Николас (1948) и др.

Метод тканевой диагностики очень популярен в США, или как они называют его - нутритивная диагностика. Джеймс Альтланд, бывший специалист по садоводству университет Штата Орегон, пишет в своих трудах, что анализ листовых тканей показывает текущий статус питательных веществ в растении, какие питательные вещества были адекватно поглощены и, что, возможно, более важно, какие из них не были поглощены. Диапазоны достаточности каждого питательного вещества варьируются в зависимости от вида растений. Анализ листовых тканей определит, не хватает ли растению какого-либо питательного вещества, однако это не определит, почему этого питательного вещества не хватает (Альтланд, 2016).

Hochmuth G. (2012) изучал метод тканевой диагностики при выращивании овощных культур во Флориде. Результаты анализа растений он

применял для определения нормы удобрений, которая может быть увеличена или уменьшена в зависимости от результатов испытаний тканей и урожайности предыдущих культур. Учитывая определенные условия, результаты анализа растений могут быть использованы для управления сроками подкормки (Hochmuth, Maynard, 2012).

В нашей стране большой вклад в дальнейшее развитие методов растительной диагностики минерального питания внесли Церлинг В.В. (1960, 1962, 1963), Магницкий К.П. (1964, 1972), Панков В.В. (1963), Ермохин Ю.И. (1968, 1969, 1972, 1973, 1975, 1982, 1984, 1986, 1987, 1989). Возможность применения методов растительной диагностики питания в овощеводстве показана многими исследователями: Л.А. Девочкин (1957); Н.Н. Арефьева (1970), А.С. Зинкевич (1978), Л.М. Лихоманова (1986) и др.

Однако растительная диагностика дает более углубленное понимание обеспеченности растений питательными веществами в совокупности с почвенной диагностикой питания растений. Важен комплексный подход (почвенная и растительная диагностика) при составлении заключения об обеспеченности культур питанием. Анализы почвы на содержание в них подвижных форм элементов говорят об их запасах, однако взаимные концентрации элементов и ряд иных свойств могут повлиять на их доступность растению. Кроме того, биологические особенности растений накладывают свой отпечаток на способность корней использовать те или иные элементы. Поэтому анализ растений поможет выяснить эту сторону общего вопроса - обеспеченность выращиваемых растений минеральным питанием из почвы. Сейчас является общепризнанным правилом — при растительной диагностике иметь наиболее подробные сведения о почве (влага, температура, аэрация, pH и др.).

Комплексное использование методов растительной и почвенной диагностики на данный момент основной способ анализа питания растений. А.В. Соколов (1970) говорил об этом: «Если учет факторов «емкости» и «интенсивности» (возможного размера почвенного питания растений) может

быть установлен при помощи современных агрохимических анализов почвы, то скорость поступления в растения питательных элементов не может быть определена по фазам развития, т.е. без растительной диагностики».

Почвенная диагностика позволяет оценить степень плодородия почв, дает возможность программирования урожаев овощных культур, для этого важно оценить свойства почвы в пахотном и подпахотном слоях до посева, а также следить за изменениями наиболее изменчивых характеристик в процессе вегетации. Также при проведении почвенной диагностики выявляется пестрота плодородия почвы, которая отрицательно сказывается на продуктивности посева.

Метод химического анализа почвы основан на предположении, что корни растений поглощают питательные вещества из почвы так же, как это делают слабые кислоты или буферные растворы. Также принято считать, что между концентрацией ионов в почве и их поглощением растениями существует простая связь. Однако, по мнению Ермохина Ю.И. (2017), это предположение часто не оправдывается в реальных условиях. Почвенный анализ не учитывает влияние таких факторов, как климатические условия, агротехнические методы, состояние посевов, кислотность почвы, её физические характеристики, содержание органических веществ, уровень засоленности и микробиологические процессы. Хотя почвенная диагностика полезна для прогнозирования действия удобрений и расчёта доз для основного внесения, важно понимать, что химический анализ почвы связан с ростом и урожайностью растений только в том случае, если остальные факторы, влияющие на развитие, находятся в норме. Поэтому необходимо контролировать и регулировать обеспеченность растений питательными веществами в период вегетации с помощью методов растительной диагностики. Фактическое содержание элементов в индикаторном органе в конкретный период роста показывает наличие доступных для растений питательных веществ в почве. Оптимальное содержание и сбалансированное соотношение элементов в индикаторном органе во время вегетации

указывают на хорошее обеспечение растений минеральным питанием, что при благоприятных условиях способствует получению высокого урожая хорошего качества (Ермохин, Бобренко, 2017).

Кроме того, Ермохин Ю.И. ранее установил, что содержание минеральных форм питательных элементов в листьях точно отражает наличие подвижных форм этих элементов в почве. Созданные им номограммы и выявленная зависимость между составом почвы, листьев и величиной урожая наглядно демонстрируют возможность использования этой закономерности на практике для оптимизации питания различных культур (Ермохин, Бобренко, 2017).

1.4 **Особенности диагностики в органической и минеральной системах культивирования растений. Интерпретация полученных диагностических данных**

Некоторые исследователи нередко отмечали преимущество результатов диагностики по растительным анализам по сравнению с почвенными: так, с помощью анализов растений удалось более точно определить дозы удобрений и качество пастбищной травы (Mitchell et al., 1956). Однако, растительную и почвенную диагностику питания растений, при составлении заключения об обеспеченности культур питанием, важно проводить в комплексе (Ермохин, 2017).

В процессе совершенствования метода листовой диагностики важным представляется изучение распределения элементов по органам растений и поиск наиболее отзывчивого органа на изменения в среде. Этот орган будет наиболее индикаторным на эти изменения и, следовательно, позволит более своевременно установить нарушение питания (Церлинг, 1962, 1970, 1976; Рубин и др. 1971). Было установлено, что молодые, но уже закончившие рост листья больше подходят для диагностики, чем быстро растущие или старые, сформировавшиеся на ранних этапах развития растения.

Выбор органа для диагностики зависит: а) от его реактивности на условия среды, б) от его возраста, в) от его местоположения на растении. Биометрическая диагностика включает учет размеров растений, их состояние, темп развития органов. Словом, все, что может характеризовать, нормально ли идет развитие растений и формирование будущего урожая.

Для анализа по тканевой диагностики как правило используют нижние части растений, например, нижнюю часть стебля и черешки нижних листьев. Эти органы богаты проводящими сосудами и расположены ближе к корням (Церлинг, 1959).

При листовой диагностики нуждаемость в питании растений макроэлементами изучают по общему содержанию этих веществ в зрелых листьях, которые уже выросли, но остаются зелёными и здоровыми. Такие листья используют питательные вещества преимущественно для поддержки молодых растущих частей, а не для собственных нужд. Поэтому при недостатке питания они быстрее теряют элементы, а при избытке - активнее их накапливают (Церлинг, 1965).

У столовых корнеплодов берут на анализ 1-2-й физиологически функционирующий внешний лист (Панков, 1970; Ермохин, 1977).

В фазу 10 листьев (пучковый товар) важным диагностическим показателем для моркови является соотношение массы корнеплода с массой надземной части. Этот показатель характеризует, насколько рационально использовались удобрения морковью. Соотношение продуктивной и непродуктивной частей было наилучшим при хорошей обеспеченности растений калием.

Амплитуда колебания концентрации валового азота, фосфора и калия в зависимости от вариантов удобрений резче наблюдается у черешков, чем у листьев. Поэтому черешки используются в качестве индикаторного органа (Зинкевич, Борисов, 1979).

Немало внимания уделялось интерпретации полученных диагностических данных. Причем основоположники этих методов

неоднократно подчеркивали, что диагностика говорит лишь о степени обеспеченности растений минеральным питанием, но не о потребности в дозах удобрений.

Некоторые исследователи считают, что оптимальное содержание элементов питания для каждой культуры является постоянной величиной, ее физиологической характеристикой и практически не зависит от почвенно-климатической зоны. Другие отмечают существенное различие оптимальных уровней в зависимости от условий выращивания (Переднев, 1969; Арефьева, 1970; Рындина, 1971; Хомич, 1972).

Интерпретация данных химического состава растений должна быть такой, чтобы результаты диагностики в меньшей мере зависели от времени и способа взятия образца, фазы развития растений, анализируемого органа, чтобы имелась возможность автоматизации данной диагностики. Большую помощь в решении этой сложной проблемы должны оказать исследования по статистическому моделированию взаимосвязей макро- и микроэлементов в различных органах растений. Программы исследований по разработке «критических уровней» содержания микроэлементов должны предусматривать исследование их взаимосвязей с макроэлементами. Обязательным этапом в разработке оптимальных уровней содержания любых элементов в органах растений является проверка их адекватности (Ельников, 1985).

При интерпретации результатов диагноза питания уделяют большое внимание таким макроэлементам как азот, фосфор и калий.

Азот один из важнейших элементов всего живого, особенно в связи с фактами его избыточного содержания в почве, воде, а также выбросах азотных заводов в атмосферу. Обсуждаются условия его накопления в этих средах и пути утилизации, особенно нитратов, поступающих в растение. Так, в монографии Въежека и Хагемана (Viets, Hageman, 1971) подробно разбирается этот вопрос, называется лимиты содержания нитратов в воде и продуктах, указывается, в чем вредность этой формы азота для человека и

животных. Устанавливаются взаимосвязи азота с другими элементами при его использовании в растении (Sresen, 1971; Церлинг, 1973).

Данные двадцатилетних опытов (Ермохин и др., 1984) с различными культурами в условиях орошаемого земледелия свидетельствуют о сильном варьировании содержания нитратного азота по годам и в течение сезона независимо от исходного плодородия почвы. Необходимо учитывать связь влажности, температуры, аэрации почвы и других факторов с продуктивностью растений.

Также определено, что наилучшим методом, который можно применять в качестве диагностического для выявления обеспеченности почвы доступным азотом, является биохимический (Державин, Литвак, Седова, 1988).

Институтом физиологии и биохимии растений АН Молдавии был создан метод определения обеспеченности растений азотом, основанный на измерении активности фермента нитратредуктазы в контрольном и опытном вариантах и в последующем сравнении полученных данных (Тома, Лисник, 1985). Контрольный вариант представляет из себя ткани листьев растений, которые предварительно инкубируют в дистиллированной воде, а в качестве опытного - ткани листьев того же растения, которые предварительно инкубируют в нитратном растворе. Если разница в величине активности опытных и контрольных вариантах более 10%, то растение нуждается в азоте. Способ основан на том, что если растения недостаточно обеспечены азотом, то за время инкубирования тканей листьев на нитратном растворе наблюдается резкое индуцирование активности нитратредуктазы. В случае достаточной обеспеченности растений азотом индуктирование активности этого фермента не наблюдается (Тома, Лисник, 1985).

Кроме того, интенсивность мобилизации в почве основных элементов питания растений, особенно в условиях орошения, также меняется в результате деятельности микроорганизмов, а их активизация или подавление зависят от механической обработки, полива, изменения физического

состояния и сложения пахотного слоя почвы (Тихомирова, Ермохин, 1987). В настоящее время не вызывает сомнений, что в превращениях минеральных и органических фосфатов участвуют определенные группы организмов.

Фосфор имеет важное значение для нормального развития корней и репродуктивных органов растения. Этот элемент способствует хорошему раннему росту растений, так как необходим для клеточного деления и образования молекул, участвующих в преобразовании энергии (АДФ и АТФ). Биологические процессы разной степени интенсивности в почве резко изменяют содержание подвижных фосфатов и часто перекрывают те изменения, какие происходят после внесения фосфора и калия в небольших дозах. Так, по данным Ермохина (1987), содержание подвижных фосфатов в черноземных, серых лесных и других почвах в период вегетации сельскохозяйственных культур изменялось в зависимости от влажности, предшественников, произрастающих культур, сидератов, уровня нитрификации, температуры почвы и других факторов. По данным П.В. Носова (1979), в почве под сахарной свеклой в период вегетации (с апреля по июль) отмечалось увеличение подвижных фосфатов на 14-40%, а к концу вегетации этой культуры (сентябрь) количество их уменьшилось на 19-25%. В отдельные годы максимум содержания подвижного фосфора приходился на другие сроки.

Большое влияние на химическую доступность фосфора растениям оказывает влажность почвы. S.R. Olsen и др. (1961) показали, что поглощение фосфатов есть линейная функция содержания воды в почве.

Кроме того, имеются данные (Smith, 1959), которые показывают, что и температура почвы влияет на растворимость питательных веществ, например, повышение температуры почвы на 5 С° может увеличить количество экстрагируемого фосфора на столько же, как и при внесении дозы суперфосфата (Кук, 1970). Наблюдается зависимость между континентальностью, а значит и засушливостью климата, и содержанием фосфора. Так, в пределах одного и того же генетического типа почвы в

широтном направлении с запада на восток по мере усиления континентальности климата увеличивается содержание валового фосфора и уменьшается его подвижность. В некоторых регионах обеспеченность почв подвижным фосфором снижается и в направлении с севера на юг.

Калий является одним из важнейших элементов в питании столовых корнеплодов. Калий в свекле следует определять в пластинках листьев. При 10 г калия в одном килограмме сухого вещества свекла не нуждается в калийном удобрении. Однако наряду с калием нужно учитывать содержание натрия в листьях. Если натрия не меньше 1,5%, то достаточно указанного выше количества калия. Если же натрия меньше 1,5%, то калия в листьях должно быть около 20 г/кг сухого вещества.

По обобщённым данным, оптимальное содержание в черешках листьев моркови (урожайность 70-80 т/га) составляет: в фазу интенсивного роста листьев: NO_3 – 1000-2000 мг/кг сырой массы, P_2O_5 – 100-200, K_2O – 4000-6000 мг/кг; в фазу образования корнеплодов: NO_3 – 500-1500 мг/кг сырой массы, P_2O_5 – 100-200, K_2O – 4000-6000 мг/кг; для свеклы столовой (урожайность 50-60 т/га) в фазу интенсивного роста листьев: NO_3 – 2000-4000 мг/кг сырой массы, P_2O_5 – 200-300, K_2O – 3000-5000 мг/кг; в фазу образования корнеплодов: NO_3 – 1500-2500 мг/кг сырой массы, P_2O_5 – 200-400, K_2O – 2000-4000 мг/кг (Борисов, 2016).

Магния и хлора в черешках свеклы должно быть 1 и 4 г/кг соответственно, а микроэлементов следующее количество (в мг/кг листовых пластинок): марганца - 90 и больше, молибдена - не менее 0,2.

Критерием обеспеченности урожая питательными элементами является соотношение этих элементов в растении, т.к. они используются во внутриклеточном обмене только при их оптимальном, т.е. уравновешенном соотношении.

Такое соотношение вычисляется по оптимальному содержанию каждого элемента. Способов вычисления таких соотношений несколько. П. Прево и М. Оланье (1964) предложили вычислять процентную долю в сумме

элементов, приняв их сумму равной 100%. Например, оптимальное соотношение в 4-х листьях капусты в фазу завязывания кочана будет 4,5N+0,4P+3,5K=100%, а их соотношение будет 53,5+4,8+41,7=100%. Такое соотношение авторы назвали «качеством питания». Рассчитывая тем же путем фактически полученные данные анализа растений, устанавливают, за счет какого (или каких) элементов создан дисбаланс питания растения.

Американский ученый А. Кенуорти (1964) рекомендует учитывать коэффициенты вариации в составе листьев отдельных проб при вычислении показателя обеспеченности растений питательными веществами. Для расчета он предлагает две формулы: первую, когда в образце содержится элемента меньше стандарта (оптимума), и вторую, когда образец богаче стандарта этим элементом.

Журбицкий З.И. (1970) предлагает одновременное определение в листе всего количества растворимого элемента и его минеральной части.

Такое предложение в условиях Франции обосновывает Рученко (1963). Общее содержание растворимых форм элемента показывает возможности усвоения его растением в данных условиях, а содержание элемента в ионной форме - это резерв, который может быть использован для процессов обмена при благоприятных обстоятельствах. Повышенное содержание элемента в ионной форме может быть обусловлено совершенно различными причинами. Это может быть вызвано как усиленным поглощением его растением, так и затруднением в использовании этого элемента растением для синтетических процессов.

Применение корреляционного метода и уравнений регрессии в исследованиях Болдырева Н.К. (1972) позволило установить нормальный состав листьев («критические уровни питания») яровой пшеницы, кукурузы, гороха и других растений на разных фазах роста, порядок проявляющихся минимумов в питательных веществах и сделать заключение об условиях эффективного использования элементов в образовании урожая. Наиболее высокий коэффициент корреляции наблюдается между содержанием в

листьях азота и урожаем злаковых культур. По мере устранения потребности растений в недостающем элементе питания коэффициент корреляции обычно уменьшается (Церлинг, 1962; Прево, Олланье, 1964).

2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 **Объекты исследований**

Объектами исследований являлись культуры свекла столовая сорта Мулатка и морковь столовая сорта Лосиноостровская 13, минеральные и органические удобрения.

По данным Росстата общие посевные площади под свеклой столовой на 2021 год составляют 30,1 тыс. га среди хозяйств всех категорий, а именно сельскохозяйственные организации, малые предприятия, хозяйства населения, крестьянские хозяйства и индивидуальные предприниматели. Наибольшие посевные площади под этой культурой в Московской области (2,3 тыс. га), далее Краснодарский край (1,7 тыс. га), Ростовская область и Татарстан (1,3 тыс. га). Посевные площади моркови столовой на 2021 год составили 43,2 тыс. га. В Волгоградской области с большим отрывом от остальных областей возделывается 5,3 тыс. га под этой культурой. Далее Московская область и Краснодарский край (2,4 тыс. га), Ростовская область (1,4 тыс. га).

Сорт столовой свеклы **Мулатка** (Beta vulgaris L.) создан для выращивания на садовых и огородных участках, в приусадебных хозяйствах, а также на небольших фермерских полях. Свекла столовая Мулатка является наиболее популярном сортом, по данным агрофирмы «ПОИСК» семена данного сорта лидируют в продажах с большим отрывом от прочих и составляют 17%. Данный сорт используют как в кулинарии, так и для зимнего хранения. Сорт считается среднеспелым: с момента появления полных всходов до достижения технической спелости проходит около 125–130 дней. Листья формируют стоячую розетку. Листовые пластинки имеют овальную форму, зелёный цвет и слегка морщинистую поверхность, с практически гладкими краями. Нижняя часть черешков окрашена в фиолетовый цвет. Корнеплод округлый, головка либо совсем не покрыта

пробкой, либо имеет очень тонкий слой пробки. Мякоть ярко-красная. Средний вес корнеплода составляет 160–360 граммов. По вкусовым качествам сорт оценивается как хороший или отличный. В составе содержится 18,3–19,8% сухих веществ и 14,2–14,6% общего сахара.

Максимальная урожайность сорта достигает 470 ц/га, что соответствует показателям стандарта Бордо 237 (Чувашская Республика). Выход товарной продукции составляет 81–98%, что находится на уровне стандартных сортов. Главные преимущества сорта: высокая доля товарной продукции, хорошая сохранность корнеплодов и отличные вкусовые качества. Сорт был внесён в Госреестр в 2003 году. Оригинатор ООО «АГРОФИРМА ПОИСК» (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2023).

Сорт моркови **Лосиноостровская 13** (Daucus carota L.) является гордостью отечественной селекционной школы. Он обладает высокой способностью к адаптации на новом участке, соответственно его можно считать сортом-космополитом, который районирован в большинстве областей, а именно включен в Госреестр по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Северо-Кавказскому, Средневолжскому, Западно-Сибирскому и Дальневосточному регионам. Статистика агрофирмы «ПОИСК» по продажам семян подтверждает популярность сорта Лосиноостровская 13, по данному сортотипу (Берликум-Нантская) занимает лидирующее место. Характеризуется крупными корнеплодами оранжевого цвета с сочной и сладкой мякотью. Срок созревания средний, 80-118 дней после появления всходов. Условия выращивания: товарное производство. Ботва прямая или слегка раскидистая, высотой 35-40 см. Розетка состоит из 13, реже из 11 насыщенно-зеленых листьев ромбовидной или треугольной формы с сильно изрезанным контуром. Корнеплоды цилиндрической формы с закругленным или заостренным концом достигают 12,5-16 см в длину, 3,2-4,2 см в диаметре и весят 75-165 г. Поверхность гладкая, на ней расположены небольшие глазки и тонкие боковые корневые отростки. Кожура тонкая, с

легким глянцевым блеском, мякоть оранжевого цвета, сердцевина ярко выраженная, в разрезе круглая или напоминает многогранник. В 100 г моркови содержится 8 – 9% общего сахара, около 28 мг бета-каротина.

Средняя урожайность – 540-770 ц/га. Оригинатор ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2023).

Минеральные удобрения. В качестве основного минерального удобрения использована нитроаммофоска, содержащая по 16% д.в. азота, фосфора и калия. Недостающее количество азота и калия в вариантах с расчётной дозой минеральных удобрений внесено с мочевиной (46% д.в.) и хлористым калием (60% д.в.). Корневые подкормки по результатам диагностики питания проведены аммиачной селитрой (34% N) и хлористым калием (60% $К_2О$) в фазу начала образования корнеплодов.

Органическое удобрение. В качестве основного органического удобрения применялся биокомпост на основе птичьего помёта марки БИУД (состав – торф, куриный помёт, опилки, солома и др.) с содержанием валовых элементов: N не менее 3%, $Р_2О_5$ и $К_2О$ не менее 2%, органического вещества – не менее 30%, влаги – не более 60%, pH 7-8

2.2 **Схема опыта и методика исследований**

Лабораторно-полевые исследования выполнены в 2021-2024 гг. на опытном участке сектора агрохимических исследований ВНИИО — филиала ФГБНУ ФНЦО. Почвы участка аллювиальные луговые среднесуглинистые, расположены в Центральной части Москворецкой поймы (Раменский район Московской области).

Схема опыта

1 Контроль – без удобрений
2 NPK в основное внесение (расчётная доза)
3 Биокомпост в основное внесение (фон)
4 Биокомпост в основное внесение (фон) + подкормка NPK по анализу черешка листа (растительная диагностика питания)
5 Биокомпост в основное внесение (фон) + подкормка NPK по анализу почвы (почвенная диагностика питания)

Опыт заложен в 4-кратной повторности. Площадь делянки 7,0×7,0 = 49,0 м^2. Площадь опытного участка 504 м^2. Площадь учетная 12,6 м^2. В опыте 5 вариантов (рис. 1 и 2).

Посев столовой свеклы и моркови проведён ручной сеялкой в III декаде мая в нарезанные и прикатанные гребни высотой 18-20 см. Густота посева – 450-500 тыс. шт./га для свеклы столовой и 900-1000 тыс. шт./га для моркови.

Агротехнические приёмы соответствуют общепринятым для центральных районов Нечернозёмной зоны. Основная обработка почвы включала зяблевую вспашку на глубину 25 см. Весной закрытие влаги и вспашка на глубину 20 см. Под перепашку вручную внесены минеральные (нитроаммофоску, аммиачную селитру, хлористый калий) и органические (биокомпост) удобрения вразброс, с последующей заделкой фрезерным культиватором-гребне-образователем на глубину 15-18 см согласно схеме опыта.

Учёт урожая вручную, с разделением на фракции, взвешиванием.

Предшественник – капуста белокочанная поздняя.

Расчётные дозы минеральных удобрений составили: для свеклы столовой на получение 50 т/га урожая – $N_{175}P_{75}K_{270}$, для моркови на 60 т/га урожая – $N_{105}K_{185}$. Определены исходя из: потребления (кг) питательных веществ на 10 т урожая: для моркови N – 24, P_2O_5 – 10, K_2O – 39, для свеклы столовой N – 45, P_2O_5 – 19, K_2O – 66; коэффициентов использования (%) из почвы: для моркови N – 40, P_2O_5 – 11, K_2O – 45, для свеклы столовой N – 45,

P_2O_5 – 12, K_2O – 65; коэффициентов использования (%) из удобрений: для моркови N – 50, P_2O_5 – 12, K_2O – 54, для свеклы столовой N – 70, P_2O_5 – 36, K_2O – 51; среднее содержание (мг/кг почвы) подвижных питательных веществ в слое почвы 0-20 см: $N_{гидр}$ = 100, P_2O_5 (по Чирикову) = 250, K_2O (по Чирикову) = 130. Плотность слоя почвы равна 1,14 г/см^3.

Рисунок 1 - Полевой опыт по изучению диагностики питания свеклы столовой

Биокомпост применялся в дозе 3 т/га под морковь и 6 т/га под свеклу столовую, что эквивалентно 90-60-60 кг/га д.в. удобрений под морковь и 180-120-120 кг/га д.в. – под свеклу столовую. Однако при этом представляется

возможным недостаток питательных веществ, особенно азота, в связи с медленной минерализацией органических компонентов компоста и необходимость применения подкормок легкорастворимыми минеральными удобрениями.

Рисунок 2 - Полевой опыт по изучению диагностики питания моркови

Удобрения в основное внесение применялись перед посевом во II декаде мая, вразброс, с последующей заделкой фрезерным культиватором-гребне-образователем на глубину 15-18 см.

После закладки проводились фенологические наблюдения (от их посева до созревания). Они необходимы для установления времени

наступления фаз развития растений и выбора времени для проведения диагностики питания растений.

Наступление фаз на делянках сравнивают с контрольным вариантом. Сравнивая более раннее или позднее наступление фаз, учитывают также общее состояние растений (окраска, полегание, рост и т.д.) (Кобзаренко, Волобуева, Серегина, Ромодина, 2015).

При диагностическом контроле минерального питания растений очень важно правильно отбирать пробы. Почти все сельскохозяйственные угодья характеризуются пестротой плодородия почвы, обусловленной разными причинами: рельефом (макро-, мезо- и микро-), различной мощностью почвенного слоя и выходами почвообразующих пород, качеством и глубиной грунтовых вод и др. При отборе проб почв и растений важно взять образцы с учетом этой пестроты плодородия.

Анализ образцов почвы и листьев с каждой площадки направлен на выявление причин как плохого, так и хорошего состояния растений.

При выборе органа растения, служащего индикатором, важно учитывать, что различные части растений по-разному реагируют на изменения окружающей среды. Это объясняется различиями в физиологической значимости органов для жизненного цикла растений, а также особенностями повторного использования элементов внутри растения при их дефиците (Церлинг, 1990).

Так, при недостатке азота, фосфора, калия и магния они перетекают в молодые, растущие органы, а более зрелые части обедняются. Наоборот, при высоком соотношении этик элементов их избыток задерживается в закончивших развитие листьях.

Для постановки точного диагноза важно проводить отбор проб не по календарным срокам, а в зависимости от фаз роста растений, так как хорошо известно, что состав растений и их отдельных органов меняется с развитием (Церлинг, 1990).

У моркови и свеклы столовой в молодом возрасте пробу составляли из наружных листьев розетки (без семядолей), а в последующем выбирали черешки взрослых листьев.

При проведении исследований пользовались следующими методиками:

- ОСТ-4671-78 «Делянки и схемы посева в селекции сортоиспытании и первичном семеноводстве овощных культур. Параметры»;
- «Методика полевого опыта» (Доспехов, 1985);
- «Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве» (под ред. Белика, 1992);
- «Методика полевого опыта в овощеводстве» (Литвинов, 2011);
- «Методическими указаниями по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей» М., ВАСХНИЛ, 1982г.

Лабораторные исследования включали проведение диагностики питания по почве и черешку листа, а также агрохимический анализ почвы и анализ биохимических показателей качества образцов столовой свеклы и моркови.

При проведении агрохимических анализов почвы определяли:

-гумус – по методу Тюрина по ГОСТ 26213-91;

-общий азот – по методу Кьельдаля по ГОСТ 34789-2021;

-pH – потенциометрически в вытяжке 1 н. KCl по ГОСТ 26483-85;

-нитратный азот – в вытяжке алюмокалиевых квасцов на ионометре И-500 с ионоселективным электродом по ГОСТ 26951-86;

-подвижный фосфор – по методу Чирикова на КФК-3-02 по ГОСТ 26204-91;

-подвижный калий – по методу Чирикова на пламенном фотометре по ГОСТ 26204-91;

-гидролитическую кислотность – по методу Каппена по ГОСТ 26212-2021;

- сумму обменных оснований – по методу Каппена-Гильковица по ГОСТ 27821 — 2020.

Биохимические показатели качества корнеплодов были определены в лаборатории сектора агрохимических исследований ВНИИО — филиала ФГБНУ ФНЦО. Исследования выполнены в соответствии с общепринятыми методами химического анализа сортов и гибридов, предусмотренными «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1970), а также согласно ГОСТ. Определялись следующие показатели качества:

- сухое вещество по ГОСТ 33977-2016 путем высушивания навески при температуре 105°С до постоянной массы;

- сахара по ГОСТ 8756.13–87, основанном на способности карбонильных групп сахаров восстанавливать в щелочной среде оксид меди (I) до оксида меди (II);

- нитраты по ГОСТ 29270–95 ионометрическим методом;

- каротиноиды в образцах моркови по ГОСТ Р 54058-2010;

- бетанин в свекле столовой спектрофотометрическим методом.

Растительную и почвенную диагностику минерального питания проводили по методикам Церлинг В.В. (1983) и Магницкого К.П. (1964). Пробу составляли из черешков взрослых листьев и далее тщательно измельчали. Следует иметь в виду, что азот, фосфор и калий реутилизируемы; недостаток их проявляется сначала на нижних, более старых листьях. Далее для определения нитратного азота готовили вытяжку используя 1% алюмо-калиевые квасцы, и проводили измерения по ионометрическому методу. Для определения фосфора и калия использовали уксуснокислую вытяжку в концентрации 2% для растительной диагностики и 0,5 н. - для почвенной диагностики. Далее анализ проводился в соответствии с ГОСТ 26204-91.

Статистическую обработку данных экспериментов выполняли на персональном компьютере, используя пакет прикладных программ Microsoft Excel.

Оценку экономической эффективности агротехнических методов

повышения урожайности и качества столовой свеклы и моркови проводили на основе технологических карт, установленных нормативов, расценок и справочной литературы: «Типовые технологические карты возделывания и уборки овощных культур в Московской области» (1986); А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев и др., «Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства» (2001).

2.3 Агрохимическая характеристика почв

Большую часть территории Раменского района занимают дерново-подзолистые почвы. В этом районе они очень разнообразны, представлены почвы с разной степенью подзолистости, смытости и разного механического состава, иногда оглеены, чередующиеся с болотными и торфяными. Другую часть занимают аллювиально-дерновые почвы в долинах рек.

Почвы опытного участка ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО аллювиальные луговые насыщенные (по классификации 2004 года: аллювиальные темногумусовые квазиглеевые почвы AU-Q-CQ). Почвы среднесуглинистые, окультуренные, имеют высокий уровень естественного плодородия, влагоёмкие, глубина пахотного слоя ~ 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя почвы 29,5-30,3%, слоя почвы 40-60 см – 30,0-31,3%. Объемная масса верхнего слоя – 1,18-1,22 т/м^3, нижележащих слоёв – 1,22-1,24 т/м^3. Плотность твердой фазы почвы (удельная масса) – 2,58–2,60 т/м^3. Скважность почвы оптимальная для сельскохозяйственных культур и колеблется по слоям от 52,1 до 55,0% (Борисов, 1986; Васючков, 2010).

Кислотность почвы составляет 6-6,5 единиц pH, содержание гумуса в пахотном слое до 3,2%, общего азота 0,23-0,28%, нитратного азота (май) 9,1-14,4 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 250-270 мг/кг, калия (по Чирикову) – 100-150 мг/кг. Гидролитическая кислотность низкая (0,7-1,2 мг-экв/100 г), сумма обменных оснований 28-30 мг-экв/100 г, степень

насыщенности основаниями 96–98% (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного массива при разных системах удобрений (слой 0-20 см), 2021 г.

Вариант	Гумус	Общий азот	pH солевой	Подвижные формы в 0,5 н. CH_3COOH		Обменные в 1 н. NaCl	
				P_2O_5	K_2O	Ca^{2+}	Mg^{2+}
	%			мг/кг		мг-экв/100 г	
Без удобрений (контроль), пашня	2,98	0,193	6,65	274	79	15,6	3,24
Минеральная система, пашня	3,10	0,207	6,60	325	138	15,2	3,13
Органическая система, пашня	3,22	0,214	6,63	299	116	15,0	3,07
Органо-минеральная система, пашня	3,16	0,220	6,65	334	145	15,4	3,19
$НСР_{05}$	0,12	-	0,06	2,7	2,3	-	-

Аллювиальные луговые почвы чаще всего образуются на суглинистом или глинистом аллювии в центральной пойме, а также могут формироваться в низких участках прирусловой поймы. В период между паводками они получают влагу из атмосферных осадков и грунтовых вод, а растительность состоит из разнотравно-злаковых луговых групп с мощной корневой системой. Важную роль в создании этих почв играет наилок, который содержит много органических веществ и оснований, а также помогает скапливать биогенные элементы в верхних слоях земли. За счет этого для таких почв типичен ярко выраженный гумусовый слой. Почвенный профиль имеет четкую зернистую или комковато-зернистую структуру (Наумов, 2008).

Чтобы такие почвы могли развиваться, нужно, чтобы грунтовые воды находились неглубоко – примерно на глубине 1–2 метра. Капиллярная кайма грунтовых вод может подниматься до почвенных слоев, что вызывает появление оглеения в нижней части профиля и способствует накоплению соединений железа и карбонатов благодаря процессам, связанным с водой.

В профиле аллювиальных луговых почв выделяют горизонты:

$A_д$ – A – $B_g(BC_g)$ – $G(B_g)$ – C_g,

где $A_д$ – плотная дернина, мощностью до 5 см;

A – гумусовый горизонт, суглинистый или глинистый, с зернистой структурой, иногда слабооглеенный, мощностью 30-100 см и более;

$B_g(BC_g)$ – переходный горизонт с пятнами оглеения;

$G(B_g)$ – глеевый горизонт разной степени оглеения;

C_g – слоистый аллювий, обычно оглеен.

Аллювиальные луговые почвы в зависимости от их зональности и свойств делятся на четыре типа: кислые, насыщенные, карбонатные и лугово-болотные почвы. Почвы опытного массива относятся к типу насыщенных, находятся в центральной пойме под луговой растительностью (Наумов, 2008).

2.4 Погодные условия в годы проведения опыта

Климат местности, где расположен опытный участок, умеренно-континентальный. Зима умеренно холодная. Лето теплое. За год территория получает около 90 ккал/см² суммарной солнечной радиации. У поверхности земли поток солнечной радиации составляет 87 ккал/см² в год. В летний период продолжительность светового дня достигает примерно 15-17 часов.

Раменский район находится в зоне достаточного увлажнения. В этом районе среднегодовое количество осадков составляет около 450-550 мм. Около 170 дней в году идут осадки, две трети из которых – дожди, а остальное снег.

Зимой преобладают циклоны как правило северо-западного направления. В летний период чаще всего приходят циклоны южного направления и западного направления. Антициклоны с севера преобладают в году в теплый сезон. Южных антициклонов нет в данной местности. Средняя месячная скорость ветра составляет за год 3,0м/сек.

В 2021 году (рис. 3) погодные условия начала и середины вегетации (I-II декады июня, июль) столовых корнеплодов были неблагоприятны для

роста и развития растений. За май выпало 71 мм осадков (142% многолетних), что обеспечило почву влагой и благоприятно отразилось на всходах моркови и свеклы столовой. В дальнейшем, повышенные среднесуточные температуры воздуха (на 5-5,2^{0}С) и малое количество осадков (66-79% от многолетней нормы в первой и второй декадах июня и 26% от нормы в июле) сдерживали развитие растений; острый недостаток влаги в данные периоды компенсировали поливами (1-2 раза в декаду нормой по 250 м^3/га), поэтому существенной задержки в росте и развитии растений не наблюдалось. Лишь в третей декаде июня выпало 32 мм осадков – 134% от многолетних значений.

В июне содержание влаги в воздухе превысило средние многолетние значения на 5,4–7,4%, а в июле из-за почти полного отсутствия осадков оно уменьшилось на 0,6–2,1% по сравнению с привычными данными. В августе средняя температура воздуха в течение суток составляла 17,7–21,2 °С, что выше нормы на 3,3–5,3 °С. В первую и вторую декады августа количество выпавших осадков составило 128 % и 150 % от многолетних показателей, а также отмечался высокий уровень влажности воздуха, что положительно повлияло на рост и развитие растений. Однако начиная с третьей декады августа и до второй декады сентября снова наблюдался дефицит осадков (63% и 80% от обычного уровня).

Осадки в виде дождя в середине сентября (157% от нормы) вкупе с понижением среднесуточных температур до 8,1-10,4^{0}С позволили растениям закончить вегетацию, и можно было приступить к уборке корнеплодов.

Общее количество осадков за вегетационный период соответствует климатической норме, но их распределение в течение вегетационного сезона очень неравномерно. Особенно засушливыми были июль (26%), первая и вторая декады июня (66–76%), вторая декада мая (40%), а также третья декада августа — первая декада сентября (62–80%). Наиболее жаркое время пришлось на период со второй декады июня по третью декаду июля, когда температура превышала средние многолетние значения на 5–8,5°С.

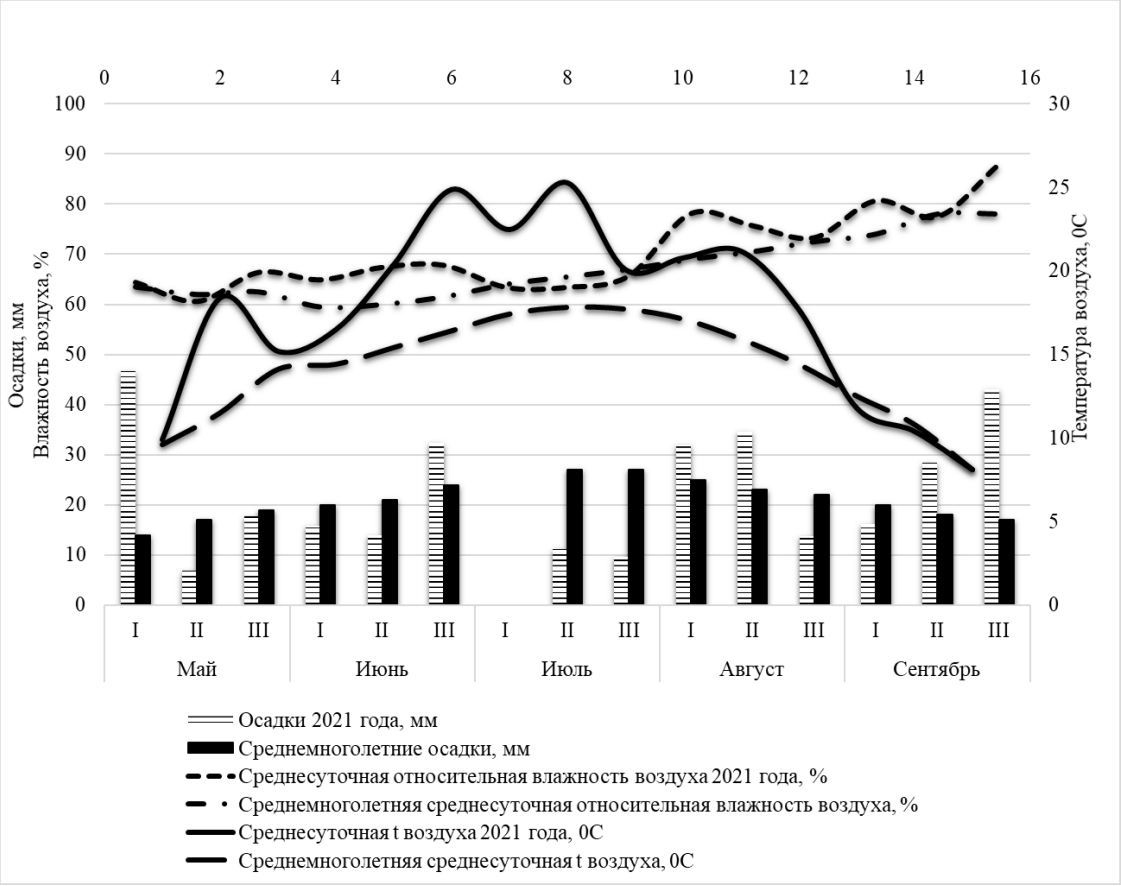

Рисунок 3 – Метеорологические условия вегетационного периода 2021 г.

В 2022 году погодные условия в майе обеспечили почву влагой и благоприятно повлияли на всходы моркови и свеклы столовой (рис. 4), выпало 50 мм осадков (100% многолетних). В последующем, высокие среднесуточные температуры воздуха (на 2,9–4,7°С выше нормы) и низкое количество осадков (50,8% от многолетнего значения в июне) замедляли рост растений, но значительного отставания в их развитии зафиксировано не было. В первой декаде июля выпало 31,1 мм осадков, что составило 119,6% от средних многолетних показателей. Это компенсировало засушливые условия предыдущего месяца и способствовало восстановлению нормального роста корнеплодов.

Влажность воздуха в июне была повышена на 5,6-7,9% от многолетней, а в июле, не смотря на большое количество осадков (119,6% от многолетних) – снизилась на -0,2-4,2% от многолетних значений, на что могла повлиять повышенная температура (отклонение от многолетних на 3,3^{0}С). В августе наблюдалось повышение среднесуточной температуры воздуха до 21,8-

22,8^{0}C, что также превысило климатическую норму на 4,7-8,4^{0}C. Недостаточное количество осадков в августе (19,4% от среднемноголетней нормы) и недостаток влаги в воздухе (на 12,4% ниже обычных значений) отрицательно повлияли на формирование и развитие корнеплодов. Осадки, выпавшие во второй декаде сентября (107,2% от нормы), вместе с понижением среднесуточных температур до 9,4–11,5°C позволили завершить наблюдения за развитием растений и начать сбор урожая.

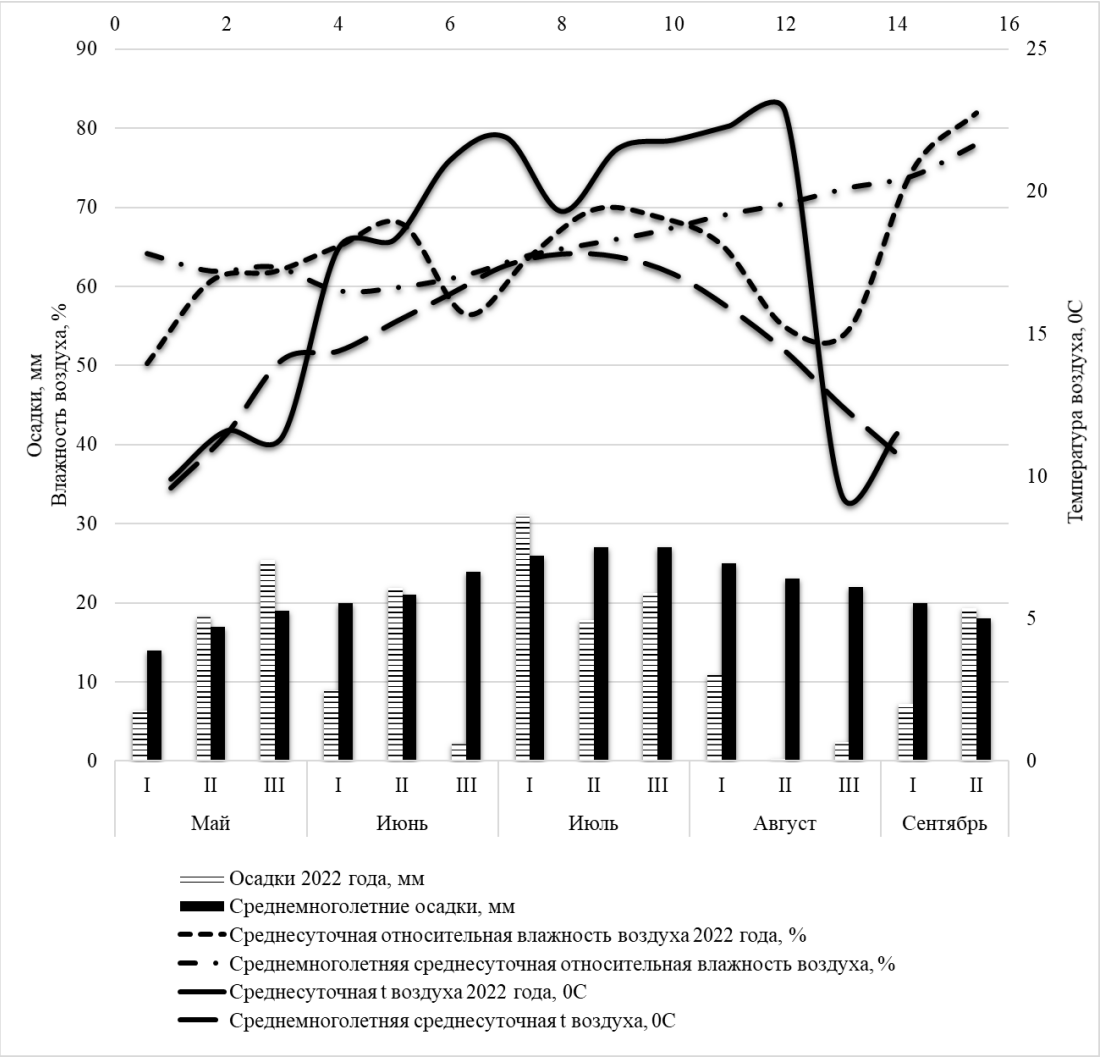

Рисунок 4 – Метеорологические условия вегетационного периода 2022 г.

Общее количество осадков за вегетационный период не соответствует климатической норме, при этом их распределение в течение сезона крайне неравномерно. Особенно засушливые периоды наблюдались в первой и третьей декадах июня (44,5% и 9,2% от многолетних показателей), в августе (19,4%) и в первой декаде сентября (36%). Наиболее теплые периоды

фиксировались с третьей декады июня по третью декаду августа, когда температура воздуха была выше средних многолетних значений на 4,7–8,4°С.

Вегетационный сезон 2023 года (рис. 5) отличался небольшим количеством осадков в первой и второй декадах июня (74,5% и 3,3% от многолетней нормы), первой декаде июля (5,8%), а также снижением уровня осадков в августе (в среднем 52,7% от нормы) и сухим сентябрём (7,5% от многолетних значений). В отдельные промежутки времени количество осадков соответствовало многолетним показателям или было немного ниже (третья декада июля, вторая декада августа), а в другие периоды — выше: третья декада июня — 184,6% от нормы и вторая декада июля — 123,7%.

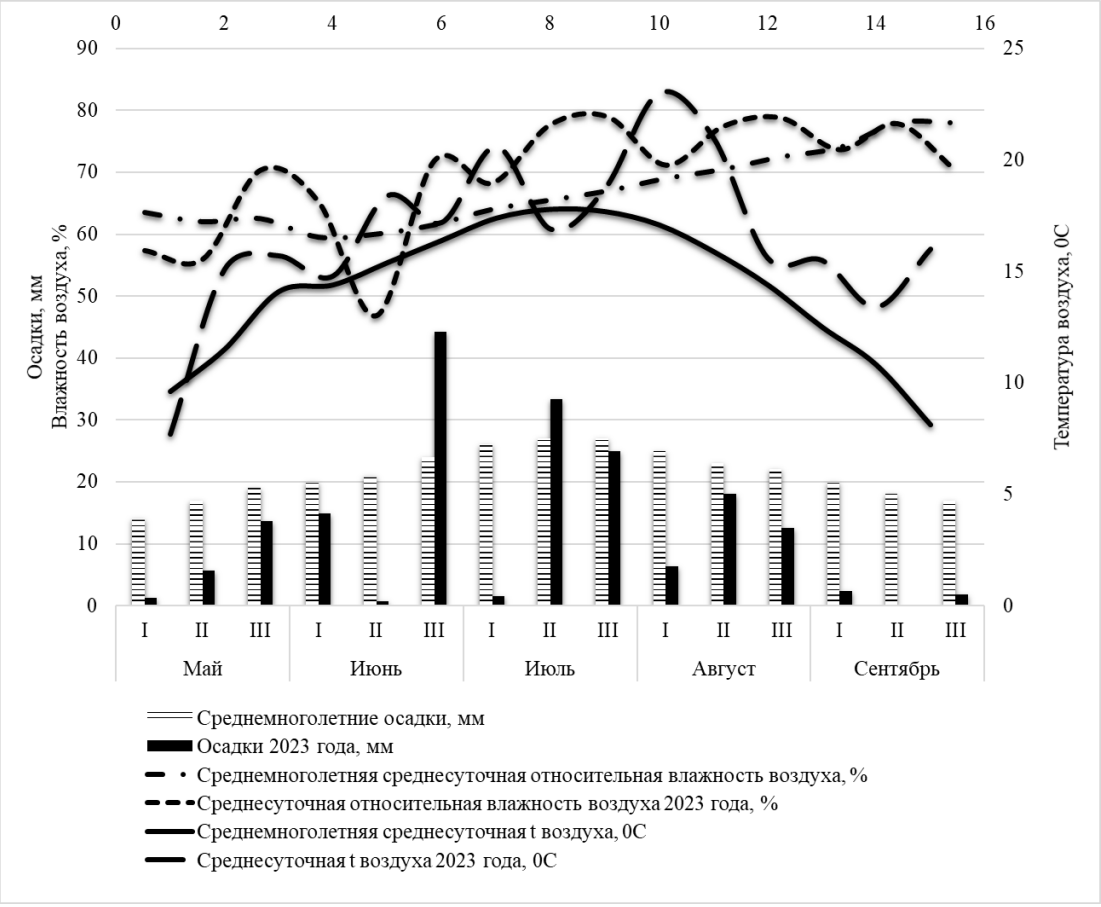

Рисунок 5 – Метеорологические условия вегетационного периода 2023 г.

Стоит отметить, что, за исключением первой и второй декад июня (появление всходов) и всего сентября (формирование корнеплодов), когда выпало мало осадков, в остальные периоды роста растения в разной степени получали влагу из атмосферы. В общей сложности за вегетационный период

(май-сентябрь) выпало 181,4 мм осадков, что составляет 56,7% от среднего многолетнего значения. Среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетних значений: в июне на 1,4^{0}С, в июле на 1,1, в августе на 4,1, в сентябре на 4,5^{0}С, достигая превышения среднемноголетних значений в отдельные периоды на 5,1-5,9^{0}С (I-II декады августа), 7,9^{0}С (III декада сентября). За исключением первой и второй декад мая (-6 - 6,1%), второй декады июня (-13,1%) и всего сентября (-0,1 - -7,6%), содержание влаги в воздухе превышало среднемноголетние показатели на 2,2–12,2%. В целом этот вегетационный период можно охарактеризовать как жаркий и сухой.

Для учета теплообеспеченности и влагообеспеченности территории в период активной вегетации растений, был рассчитан гидротермический коэффициент Селянинова, по формуле ГТК = R * 10 / сумму t. В 2021 году он составил 1,20, в 2022 ГТК = 0,78, в 2023 ГТК = 0,71.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 **Динамика основных питательных веществ в почве при выращивании столовых корнеплодов с внесением подкормок**

В приложениях Г и Д представлены данные об изменении содержания питательных элементов в пахотном слое почвы при выращивании столовых корнеплодов. Для выявления колебаний уровня питательных веществ и контроля за питанием растений в ходе исследований отбирались пробы из пахотного горизонта с каждого варианта опыта. Образцы для средней пробы отбирались из пяти точек, взятых тростевым буром методом конверта. Отбор проводился до посева корнеплодов во II декаде мая, в I декаде июля, в I декаде августа и перед уборкой урожая (II декада сентября).

Данные показали, что наибольшее содержание $N\text{-}NO_3$ наблюдалось в I декаде июля, когда молодые растения еще слабо потребляли азот, а температура, влажность и воздухообмен в почве находились на уровне, идеально подходящем для процесса нитрификации внесённых азотных (мочевины) и органических удобрений. К завершению вегетации количество нитратного азота в пахотном слое значительно снизилось из-за его активного использования растениями, а также из-за уменьшения среднесуточных температур, вымывания в нижележащие горизонты и др.

Накопление нитратного азота и подвижного калия в почве под корнеплодами моркови зависело и от количества вносимых удобрений (рис. 6). Внесение расчётной нормы азота (105 кг/га д.в.) в составе NPK повышало уровень нитратов в почве в 2,5 раза от контрольного варианта, а применение биокомпоста в дозе 3 т/га (90 кг/га д.в.) увеличивало их содержание всего в 1,1 раза на этапе начала формирования корнеплодов моркови (июль). Максимум подвижного калия зафиксирован в I декаде июля (рис. 7), на варианте расчётной дозы К185 больше контроля в 1,8 раза, а на варианте биокомпост 3 т/га (60 кг/га K_2O) – в 1,4 раза больше, что создавало лучшие

условия питания растений.

В других исследованиях также отмечается положительное действие удобрений, органических в том числе, на питание сельскохозяйственных культур и повышение их продуктивности. В результате их применения в почве накапливается азот в доступных для растений формах: щелочногидролизуемый, аммонийный, нитратный, в количествах, превышающих контрольный вариант (Черепухина и др., 2019; Weil, 2021).

Проведенная подкормка минеральными удобрениями по итогам почвенной диагностики ($N_{52}K_{14}$) в период максимального потребления растениями нитратного азота (рост корнеплода) обеспечила накопление N-NO_3 в почве до 6,13 мг/100 г почвы против 1,31 мг на варианте биокомпоста (в 4,7 раза) при контрольном измерении в I декаде августа. Подкормка по итогам растительной диагностики дозой N_{17} повышало содержание нитратов в почве до 3,98 мг, что выше, чем на варианте биокомпост в 3 раза.

Исходя из зарубежных источников, также рекомендуется внесение минеральных удобрений в сочетании с органическими, при этом Sarah Tenelli и др. (2021) утверждают, что чрезмерное использование неорганических азотных удобрений может усилить микробиологическую деградацию органических соединений углерода, способствуя сокращению его запасов в почве в долгосрочной перспективе. Органические удобрения должны дополнять питание растений при обычном режиме внесения азота, не злоупотребляя величиной дозировки.

В опытах Alexis Thoumazeau и др. (2024) представлены данные, свидетельствующие о там, что наибольшее накопление калия происходило на вариантах с внесением минеральных калийных удобрений в сочетании с зелеными удобрениями – сидератами, нежели при внесении только минеральных удобрений. Данные авторы также утверждают, что такая система удобрений улучшала структуру почвы.

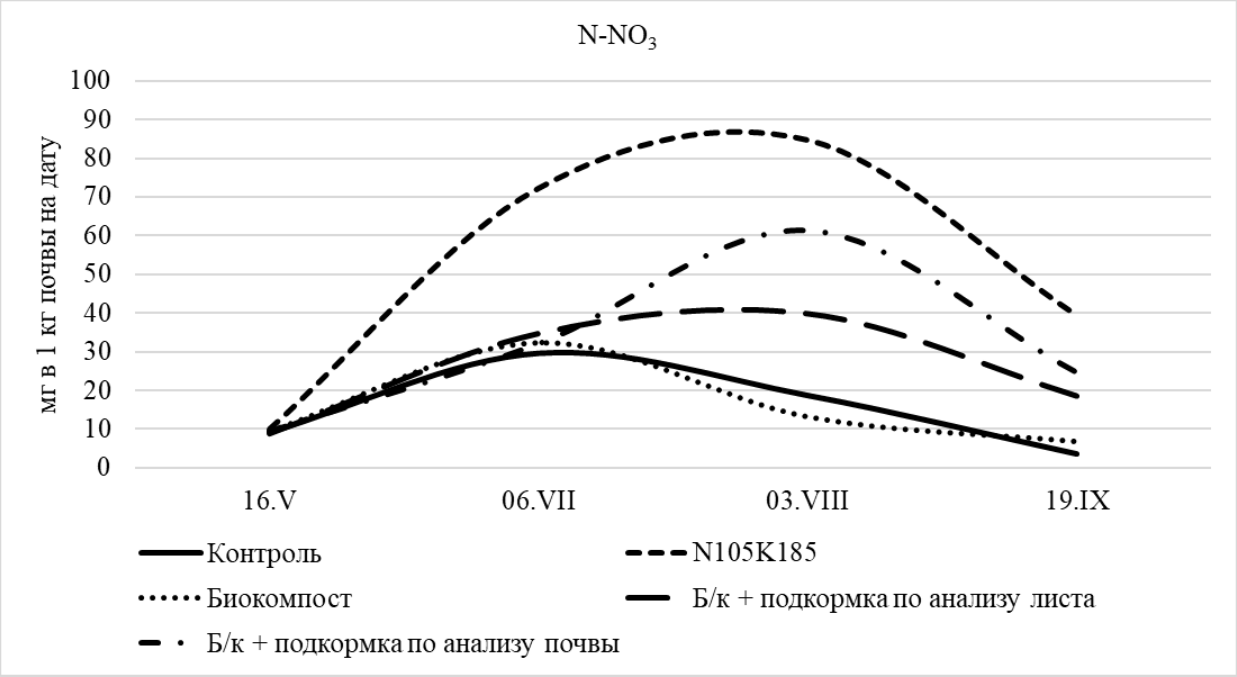

Рисунок 6 - Динамика $N\text{-}NO_3$ в почве при выращивании моркови сорта Лосиноостровская 13

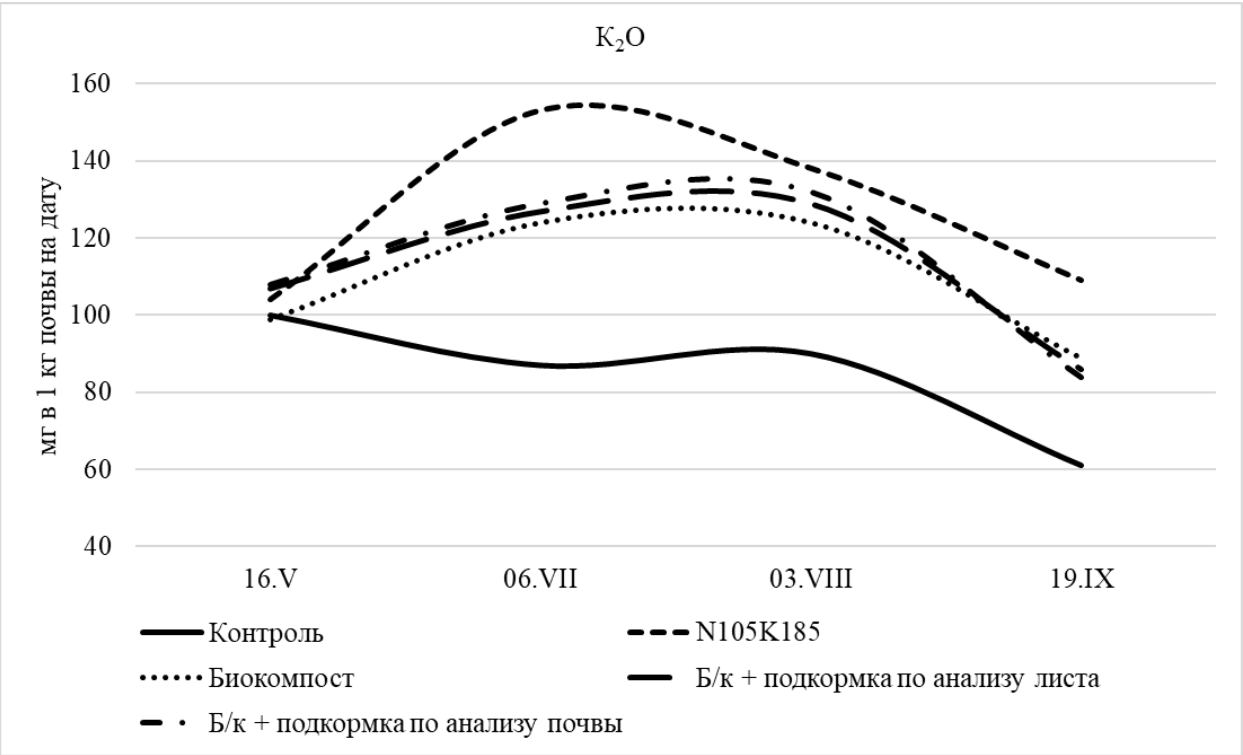

Рисунок 7 - Динамика K_2O в почве при выращивании моркови сорта Лосиноостровская 13

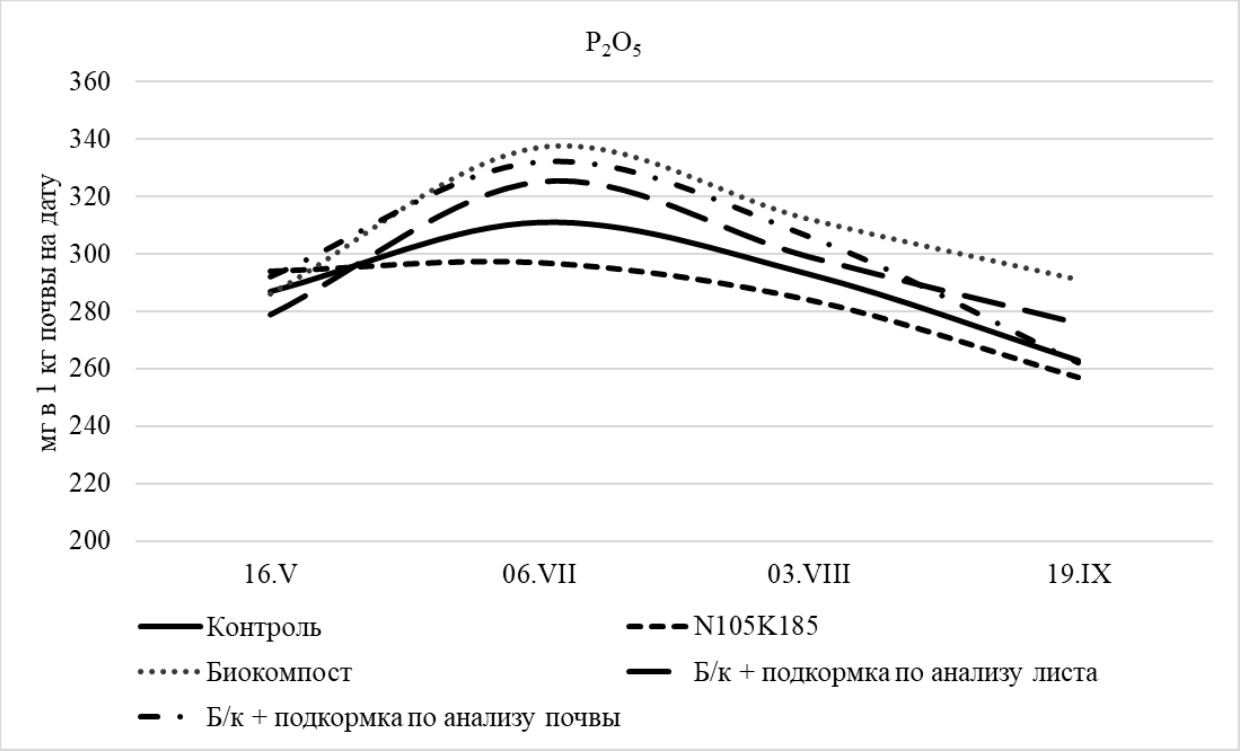

Рисунок 8 - Динамика P_2O_5 в почве при выращивании моркови сорта Лосиноостровская 13

Исследования по динамике накопления нитратного азота и подвижного калия в пахотном слое почвы под свеклой столовой показали, что наибольшее содержание $N\text{-}NO_3$ и K_2O, наблюдалось в I декаде июля, аналогично накоплению нитратов и калия под морковью (рис. 9 и 10). К концу вегетации содержание нитратного азота и подвижного калия в пахотном слое существенно уменьшается, в том числе и из-за интенсивного потребления растениями свеклы столовой. Внесение расчётной дозы N_{175} повышало содержание нитратов в почве в 7,9 раза, а биокомпоста 6 т/га (180 кг/га) – в 5,3 раза в сравнении с контролем. Проведённые подкормки по анализу почвы $N_{65}K_{45}$ и по анализу черешка листа $N_{54}K_{30}$ повышали содержание нитратов (в 3,7 и 4,1 раза в сравнении с фоном биокомпост) и подвижного калия (в 1,4 и 1,38 раза) в почве в I декаде августа, т.е. улучшали питательный режим почвы.

Jérémie Haumont и др. (2023) рекомендуют для улучшения накопления питательных элементов в почве не дробное внесение минеральных удобрений, а локальное. При увеличении содержания нитратного азота в

почве этот подход может способствовать снижению влияния интенсивного производства овощей на окружающую среду.

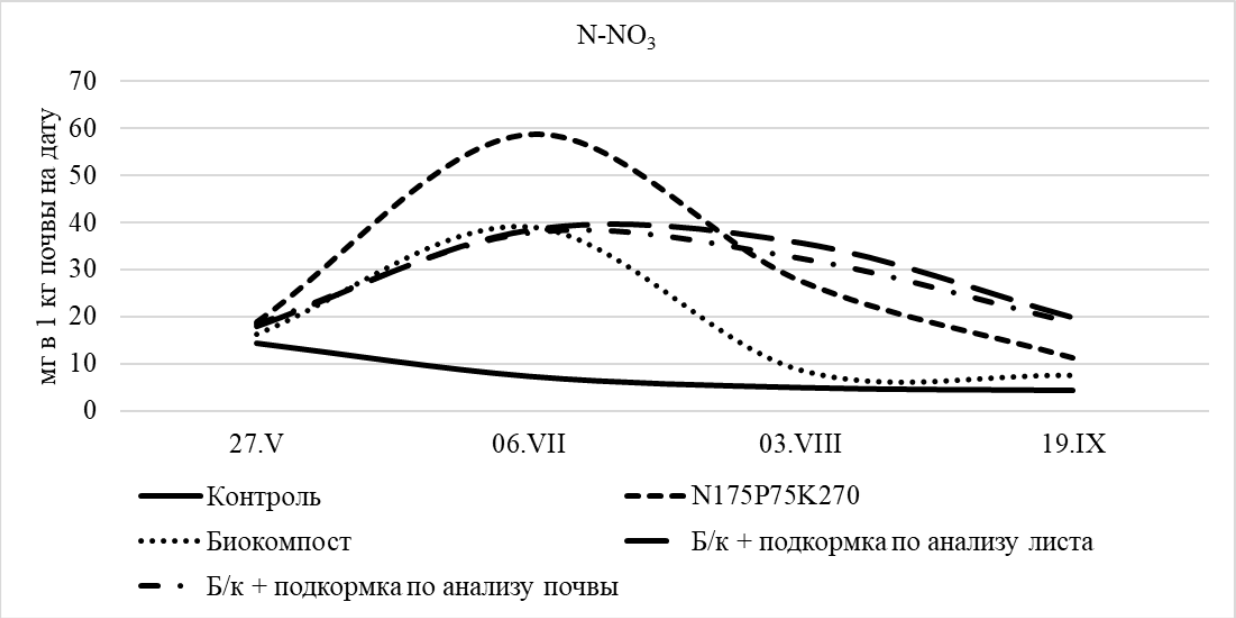

Рисунок 9 - Динамика $N\text{-}NO_3$ в почве при выращивании свеклы столовой сорта Мулатка

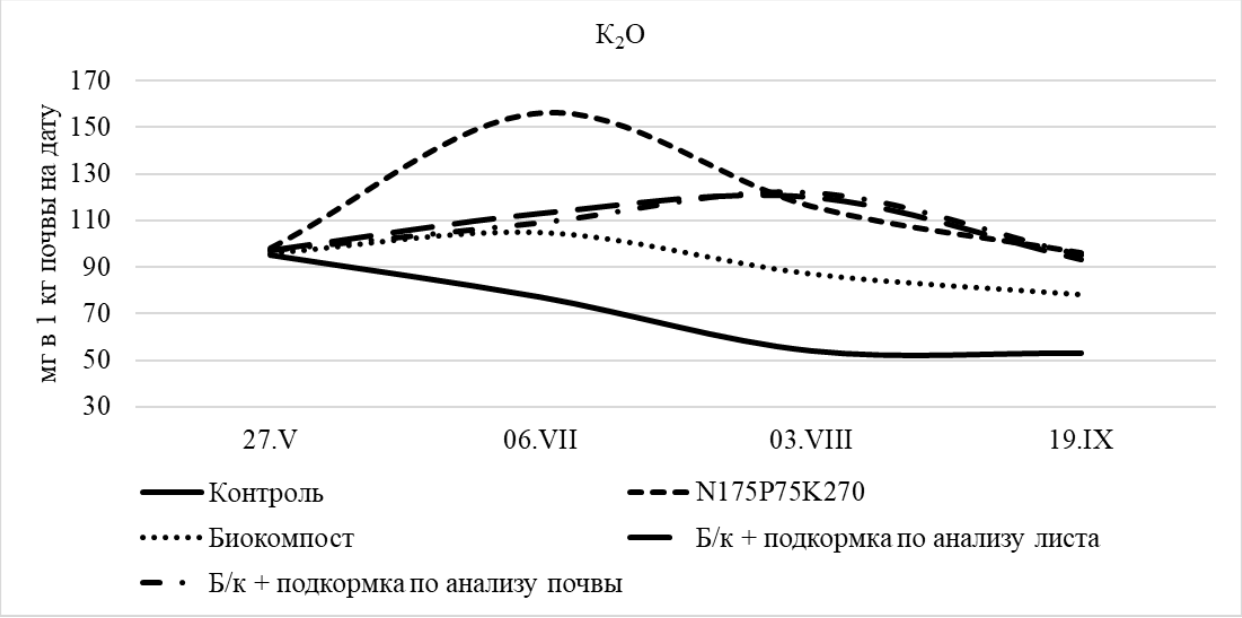

Рисунок 10 - Динамика K_2O в почве при выращивании свеклы столовой сорта Мулатка

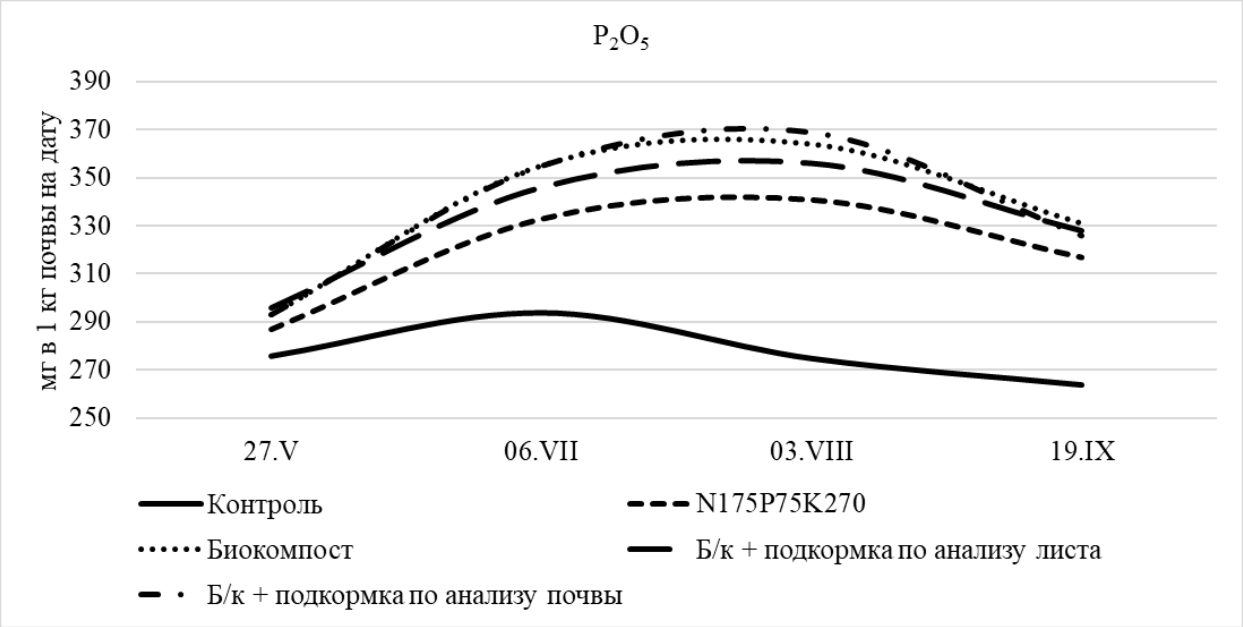

Рисунок 11 - Динамика P_2O_5 в почве при выращивании свеклы столовой сорта Мулатка

Динамика содержания подвижного фосфора под морковью и свеклой столовой выражена слабее, нежели нитратов (рис. 8 и 11). В опыте фиксировалось некоторое увеличение содержания подвижных форм фосфора в I декаде июля, и затем его плавное снижение к концу вегетации растений из-за потребления его, а также переходом в труднодоступные формы. Подкормки фосфорными удобрениями не проводились по итогам диагностик питания. В целом, во все сроки наблюдения, класс почвы по обеспеченности фосфором оставался высоким (более 250 мг/кг) вне зависимости от удобрений.

В зарубежной литературе, есть данные по накоплению фосфора, утверждающие, что компосты NPK-Enriched compost (NPKEC), увеличили содержание фосфора на 62-69% по сравнению с контрольными участками. Внесение минеральных удобрений привело к увеличению недоступной фракции P, в то время как компосты снизили концентрацию недоступного P, что свидетельствует о более сильных их преимуществах. Внесение компоста стимулировало значительно более высокую активность фосфатаз по сравнению с минеральными удобрениями, Mahnaz Roohi и др (2020) утверждает о наличии сильной связи микробной биомассы P (MBP) и кислых

фосфатов (ACP) с фракцией недоступного фосфора и указывает на то, что умеренно доступный цикл фосфора в почве в основном обусловлен процессами, связанными с микробами. Результаты их опыта показывают, что комбинация микробно-ризосферных процессов контролирует динамику фертильности фосфора. В более широком контексте повышения плодородия почвы Mahnaz Roohi и др (2020) настоятельно рекомендуют использовать экологически устойчивые источники удобрений, такие как NPKEC. NPKEC - компосты, обогащенные макроэлементами и другими питательными веществами, они приготавливаются из смешанных садоводческих и бытовых отходов с измельченной опилочной пылью, в конце процесса компостирования к этой смеси добавляют NPK в количестве, зависимом от потребности выращиваемой культуры.

Проведённые подкормки на основе диагностики питания по анализу почвы и черешка листа растений корнеплодов позволили в существенной мере увеличить в почве нитратный азот и подвижный калий, при высоком содержании подвижного фосфора, что положительно отразилось на корневом питании растений и привело к увеличению урожайности столовых корнеплодов.

3.1.1 Сравнительный анализ содержания основных элементов минерального питания в почве и черешках листьев столовых корнеплодов при органической и минеральной системах удобрений

В решении важнейших задач повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения их качества большое место занимаю вопросы создания оптимальных условий питания, обеспечения растений питательными веществами в течение всей вегетации. Агрохимические анализы почвы позволяют судить о ее насыщенности питательными веществами и степени их подвижности и доступности растениям. Однако количество действительно доступных растениям веществ

можно установить только с помощью самого растения. Поэтому наряду с анализами почвы и полевыми опытами с удобрениями необходим контроль за питанием растений в течение вегетации. Такой контроль возможен благодаря методам растительной диагностики. По результатам растительной диагностики можно определять потребность растений в подкормках и корректировать систему удобрения в последующие годы (Нелюбова, Церлинг, 1979).

Различают несколько методов растительной диагностики: визуальную диагностику, химическую, метод инъекции и опрыскивания. Основным методом среди них является химическая диагностика, которая в свою очередь подразделяется на ряд специфических методов: валовой анализ, экспресс-методы, анализ растительных вытяжек и анализ пасоки. Химическая диагностика позволяет установить более ранние признаки нарушения питания, чем визуальная. По существу, методы химической диагностики можно разделить на две группы: валовые анализы (определение общего содержания элементов) и анализы на содержание неорганических форм питательных веществ (Ермохин и др., 2016).

В последнее время большое внимание приобрела тканевая диагностика, где диагноз ведется по содержанию неорганических соединений элементов - нитратов, фосфатов и др., которых, как известно, больше бывает в сосудо-проводящих системах и в нижних ярусах растений. В данном опыте в пробу для химического анализа входили черешки средних ярусов растений. С помощью диагностики «по черешку» можно следить за питанием растений в важные для урожая периоды их роста и развития. Этот метод особенно полезен для проверки таких элементов, как азот, по которым пока нет чётких показателей обеспеченности овощных культур через анализ почвы (Церлинг, 1990).

В ходе исследований для контроля питания столовых корнеплодов была проведена диагностика с использованием анализа почвы и черешков листьев в начале формирования корнеплодов (первая декада июля). По

результатам анализа были определены и внесены подкормки с азотом, фосфором и калием.

На основании более ранних исследований К.П. Магницкого (1972), В.В. Церлинг и др (1983). были предложены оптимальные нормативы содержания $N\text{-}NO_3$, P_2O_5 и K_2O для данных культур, однако в настоящее время в связи с появлением новых сортов и гибридов, новых видов удобрений и особенностей их применения (технологий) эти данные требуют обновления и уточнения.

Для расчета подкормок по диагностике питания во время вегетации нами использована следующая формула:

$Д_п = Д_о \times [1-(X_{фак}/X_{оптим})]$,

где $Д_п$ – доза удобрений для подкормки, кг/га д.в.;

$Д_о$ – доза удобрений в основное внесение, кг/га д.в.;

$X_{факт}$ – фактическое содержание элемента в почве (мг/кг) или в черешках листьев (мг/кг сырой массы);

$X_{оптим}$ – оптимальное содержание элемента в почве (мг/кг) или в черешках листьев (мг/кг сырой массы).

Таблица 2 – Оптимальные значения содержания макроэлементов в почве и в черешке листа по варианту расчетной дозы NPK (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Почва, мг/кг сухой почвы			Черешок листа, мг/кг сырой массы черешка		
	NO_3	P_2O_5	K_2O	NO_3	P_2O_5	K_2O
Морковь ($N_{105}K_{185}$), фаза начала образования корнеплодов						
2021 г.	63	320	174	527	376	6640
2022 г.	72	295	154	527	288	6067
2023 г.	88	304	169	478	302	5906
В среднем за 3 года	**74**	**306**	**166**	**511**	**322**	**6204**
Свекла столовая ($N_{175}P_{75}K_{270}$), фаза начала образования корнеплодов						
2021 г.	38	325	171	4018	3490	5973
2022 г.	58	332	154	4018	2960	5693
2023 г.	43	324	178	3795	3040	6003
В среднем за 3 года	**46**	**327**	**168**	**3944**	**3163**	**5890**

В таблице 2 приведены оптимальные значения содержания макроэлементов в почве и черешке листа свеклы столовой сорта Мулатка и

моркови сорта Лосиноостровская 13, полученные в варианте с расчетной дозой NPK. Учитывая, что оптимальные нормативы содержания NPK для данных культур (Магницкий, Церлинг и др) устарели, для определения эффективности применения подкормок результаты диагностики питания сравниваются с содержанием макроэлементов на варианте расчетной дозы.

Таблица 3 – Почвенная и растительная диагностика питания в фазу начала образования корнеплодов моркови сорта Лосиноостровская 13 (2021 – 2023 гг.)

Вариант	мг/кг сухой почвы / мг/кг сырой массы черешка			Расчётная доза подкормок, кг/га		
	NO_3	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
По анализу почвы в фазу начала образования корнеплодов на фоне биокомпоста 3 т/га						
2021 г.	32	332	132	44	0	14
2022 г.	32	336	124	50	0	12
2023 г.	28	321	130	61	0	16
В среднем за 3 года	**31**	**330**	**129**	**52**	**0**	**14**
Оптимальные значения	74	306	166	**-**	**-**	**-**
По анализу черешка листа в фазу начала образования корнеплодов на фоне биокомпоста 3 т/га						
2021 г.	448	295	6090	13	13	5
2022 г.	415	336	6440	19	0	0
2023 г.	377	278	5890	19	5	0
В среднем за 3 года	**413**	**303**	**6140**	**17**	**6**	**2**
Оптимальные значения	511	322	6204	-	-	-

При анализе таблицы 3, внесение биокомпоста в дозах 3 т/га под морковь уступает минеральному удобрению по обогащению пахотного слоя почвы нитратами и подвижным калием в фазу начала образования корнеплодов. В сравнении с расчетной дозой, потенциально-доступное питание в фазу начала образования корнеплодов (I декада июля) на варианте с внесением биокомпоста под морковь ниже на 58% по нитратному азоту и на 22% по подвижному калию. Не обнаружены значительные изменения подвижного фосфора в виду высокой естественной обеспеченности аллювиальной луговой почвы фосфатами, в т.ч. труднорастворимыми. Таким образом, при внесении биокомпоста, в сравнении с расчётной дозой NPK, отмечен недостаток доступного минерального азота и калия. На основании

результатов анализов были рассчитаны следующие дозы подкормки $N_{52}K_{14}$.

При химическом анализе черешков листьев, на этапе начала формирования корнеплодов (первая декада июля) было установлено, что при использовании биокомпоста в черешках содержится меньше нитратного азота, фосфора и калия по сравнению с вариантом применения расчётной дозы $N_{105}K_{185}$. Снижение составило 19% для нитратного азота, 6% для фосфора и 1% для калия. На основании результатов анализов была рассчитана подкормка по азоту в размере 17 кг/га, подкормки меньше 10 кг/га не вносились, так как это не рационально.

По результатам почвенной диагностики растение нуждалось в большой подкормке, чем при растительной диагностике.

Таблица 4 – Почвенная и растительная диагностика питания в фазу начала образования корнеплодов свеклы столовой сорта Мулатка (2021 – 2023 гг.)

Вариант	мг/100 г сухой почвы / мг/кг сырой массы черешка			Расчётная доза подкормок, кг/га		
	NO_3	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
По анализу почвы в фазу начала образования корнеплодов на фоне биокомпоста 6 т/га						
2021 г.	24	308	93	66	6	55
2022 г.	39	322	108	59	4	36
2023 г.	26	321	114	71	1	43
В среднем за 3 года	**30**	**317**	**105**	**65**	**4**	**45**
Оптимальные значения	46	327	168	**-**	**-**	**-**
По анализу черешка листа в фазу начала образования корнеплодов на фоне биокомпоста 6 т/га						
2021 г.	3003	2957	4631	45	18	27
2022 г.	2533	3090	4213	67	0	31
2023 г.	2746	2942	4345	50	4	33
В среднем за 3 года	**2761**	**2996**	**4396**	**54**	**7**	**30**
Оптимальные значения	3944	3163	5890	-	-	-

По анализу почвы (табл. 4) в фазу начала образования корнеплодов свеклы столовой на варианте с внесением биокомпоста в сравнении с вариантом расчетной дозы, содержание нитратного азота меньше на 35%, фосфора на 3% и калия на 37,5%. По содержанию фосфора в пахотном слое изменения не значительны, что может быть связано с естественной высокой обеспеченностью аллювиальной луговой почвы фосфатами. Таким образом,

для возмещения недостатка питательных элементов были рассчитаны подкормки по азоту и калию в размере 65 и 45 кг/га соответственно.

При проведении растительной диагностики на этапе начала формирования корнеплодов было установлено, что концентрация всех исследуемых макроэлементов была ниже при использовании биокомпоста по сравнению с вариантом внесения расчетной дозы NPK. Содержание нитратного азота снизилось на 30%, фосфора — на 5%, а калия — на 25%. На основании результатов анализов была рассчитана подкормка по азоту в размере 54 кг/га и по калию 30 кг/га.

По результатам почвенной диагностики растение нуждалось в большой подкормке, чем при растительной диагностики.

3.2 **Биометрические характеристики корнеплодов в зависимости от применения удобрений и корневых подкормок**

Растения одного сорта могут отличаться друг от друга по размерным характеристикам органов и их частей, так как они являются производными большого комплекса факторов. Для потребителей и производителей овощей важны биометрические показатели корнеплодов (Седунина, 2017). Необходимо учитывать такие хозяйственно-ценные признаки и свойства, как масса корнеплода, его диаметр и длина. Данные признаки как правило коррелируют с урожайностью культур и напрямую влияют на товарные качества продукта питания. Также очень важными показателями являются масса ботвы, ее длина и количество листьев, так как в тканях листовой пластины происходит процесс фотосинтеза, транспирации и газообмена с окружающей средой (Васильев, 2019).

Данные биометрических измерений, проведённых во время уборки урожая, показали, что использование минеральных и органических удобрений в комбинации с подкормками содействует более активному росту и развитию корнеплодов (табл. 5 и 6).

При внесении основного минерального удобрения под морковь отмечалось излишне сильное развитие листовой массы и формирование среднего по размеру корнеплода, что приводило к сокращению доли основной продукции.

При внесении биокомпоста общая масса корнеплодов становится больше, чем на контрольном варианте, однако масса растений меньше, чем при использовании минеральных удобрений или биокомпоста в сочетании с подкормкой. Развитие листьев среднее, доля основной продукции выше, чем при внесении расчетной дозы NPK, но ниже, чем при органо-минеральной системе питания.

Таблица 5 – Биометрия моркови сорта Лосиноостровская 13 перед уборкой 2021 – 2023 гг. (в среднем на 1 растение)

Вариант	Масса растения, г	Корнеплод			Надземная часть			Доля основной продукции, %
		масса, г	длина, см	диаметр, см	Масса ботвы, г	Длина ботвы, см	Число листьев, шт.	
Без удобрений	101	83,2	16,4	3,1	18,1	39,3	8	82,2
$N_{105}K_{185}$	150	126,9	21,3	3,9	22,8	46,2	12	84,7
Биокомпост 3 т/га	140	119,0	19,1	4,6	20,9	46,9	10	85,0
Б/к + подкормка по анализу листа	149	128,1	21,9	4,2	21,1	45,1	9	85,9
Б/к + подкормка по анализу почвы	158	136,3	23,8	4,3	22,3	46,4	10	86,1
$НСР_{05}$	-	4,3	-	-	1,7	-	-	-

На вариантах с органо-минеральной системой применения удобрения масса корнеплода выше контрольной на 54% при анализе по черешку листа и на 64% при анализе почвы. Листовая масса развита хорошо, доля основной продукции достигает максимальных значений на варианте с подкормкой по

анализу почвы и составляет 86,1%, что на 3,9% больше чем на контроле.

В литературных данных отмечается что, при наблюдении за средней длиной корнеплодов моркови и средним диаметром корнеплодов, их значения находятся в прямо пропорциональной зависимости от массы корнеплодов. Улучшение питательного режимов почвы влекло за собой увеличение структурных показателей биометрического измерения корнеплодов моркови (Петров и др., 2022).

Свекла столовая отзывалась на удобрения несколько иначе. При внесении расчетной дозы NPK достигалась максимальная масса растения, на 33% превышающая массу на контрольном варианте. Листовая масса также достигла максимальных значений при внесении минеральных удобрений, однако в связи с этим сам корнеплод имеет не большую массу, и доля основной продукции была минимальной, меньше чем на контроле.

При внесении биокомпоста масса растения и корнеплода ненамного больше чем на контрольном варианте, листьев в ботве умеренное количество, длина меньше средней, что завысило долю основной продукции в ущерб стандартной. На органической системе удобрения растение свеклы столовой получилось не большое, но максимально сбалансированное.

Подкормка по анализу листа на свекле столовой показала себя хуже, чем на моркови. На выход такой массы корнеплода, был слишком сильно развит листовой аппарат и доля основной продукции сильно снизилась. На варианте с почвенной диагностикой получена максимальная масса корнеплода, на 30% больше чем на контроле, доля основной продукции средняя в сравнении с остальными вариантами опыта.

Другие авторы отмечают положительное влияние органических удобрения на развитие растений свеклы столовой. При внесении азотных удобрений, различия отношения массы надземной и подземной частей растения не значимы, что свидетельствует о равномерном их развитии (Ракутько и др., 2022).

Таблица 6 – Биометрия свеклы столовой сорта Мулатка перед уборкой 2021 – 2023 гг. (в среднем на 1 растение, отборная фракция 5-10 см)

Вариант	Масса растения, г	Корнеплод			Надземная часть			Доля основной продукции, %
		масса, г	длина, см	диаметр, см	Масса ботвы, г	Длина ботвы, см	Число листьев, шт.	
Без удобрений	227	171,4	7,4	6,2	36,9	34,3	8	75,3
$N_{175}P_{75}K_{270}$	301	221,3	8,3	9,2	88,1	48,8	14	73,4
Биокомпост 6 т/га	258	198,7	8,2	9,4	67,1	42,1	12	77,1
Б/к + подкормка по анализу листа	289	216,3	7,9	8,7	78,3	45,9	9	74,7
Б/к + подкормка по анализу почвы	294	223,2	8,8	9,2	80,7	47,2	10	75,8
$НСР_{05}$	-	6,6	-	-	3,0	-	-	-

В завершении этой главы можно утверждать, что внесение подкормки по итогам растительной и почвенной диагностики оказало положительное влияние, как на рост массы корнеплодов, так и на рост общей массы. Масса моркови увеличилась с 140 г до 149 и 158 г., а свеклы с 227 г до 289 и 294 г. Максимальная средняя масса корнеплодов моркови и свеклы столовой была отмечена на варианте с подкормкой по почвенной диагностике (158 и 294 г).

3.3 **Агрономическая эффективность корневых подкормок основными макроэлементами (урожайность, структура урожая)**

Создание и контроль оптимальных условий питания растений, залог получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Минеральные и современные органические удобрения, например, биокомпосты, при грамотном использовании помогают повысить урожайность и улучшить качество продукции. Они позволяют регулировать

процессы в растениях, стимулируя накопление полезных для человека веществ. Однако использование минеральных удобрений должно быть дробное, т.е. сочетание основного внесения с подкормками в течение сезона в соответствии с потребностями растений (Литвинов, 2014).

Перспективными методами контроля и установки доз подкормок является растительная и почвенная диагностика питания растений, так как они позволяют непосредственно определить количество питательных веществ, которое необходимо растению.

При использовании минеральных удобрений, внесение органических удобрений также необходимо, в частности современные биокомпосты – важный источник элементов минерального питания, микроэлементов и углерода для растений и почвенной биоты, средство улучшения агрономических свойств почвы, а именно структуры почвы, и пополнение запаса гумуса в ней. Гумус является основным фактором почвенного плодородия, биогенности почвы (Литвинов, 2008).

Морковь, сорт Лосиноостровская 13. По итогам учёта урожайности корнеплодов моркови (табл. 7, рис. 12) во II декаде сентября, определена агрономическая эффективность проведения подкормок. В опыте достигнута общая урожайность моркови от 51,2 до 63,9 т/га со 87-94% стандартной продукции. Прибавка к контрольному варианту составила от 5 до 25%. При основном внесении расчётной дозы $N_{105}K_{185}$ прибавка урожайности составила 11,4 т/га (22%), на варианте основного внесения биокомпоста в дозе 3 т/га – 2,6 т/га (5%); дополнительная корневая подкормка дозой N_{17} по анализу черешка листа обеспечила 8,5 т/га прибавки (17%), а лучший в опыте эффект получен при корневой подкормке по анализу почвы $N_{52}K_{14}$ на фоне биокомпоста – 12,7 т/га прибавки (25%), при этом достоверного отличия (учитывая $НСР_{05}$) от варианта с расчётной дозой $N_{105}K_{185}$ не выявлено.

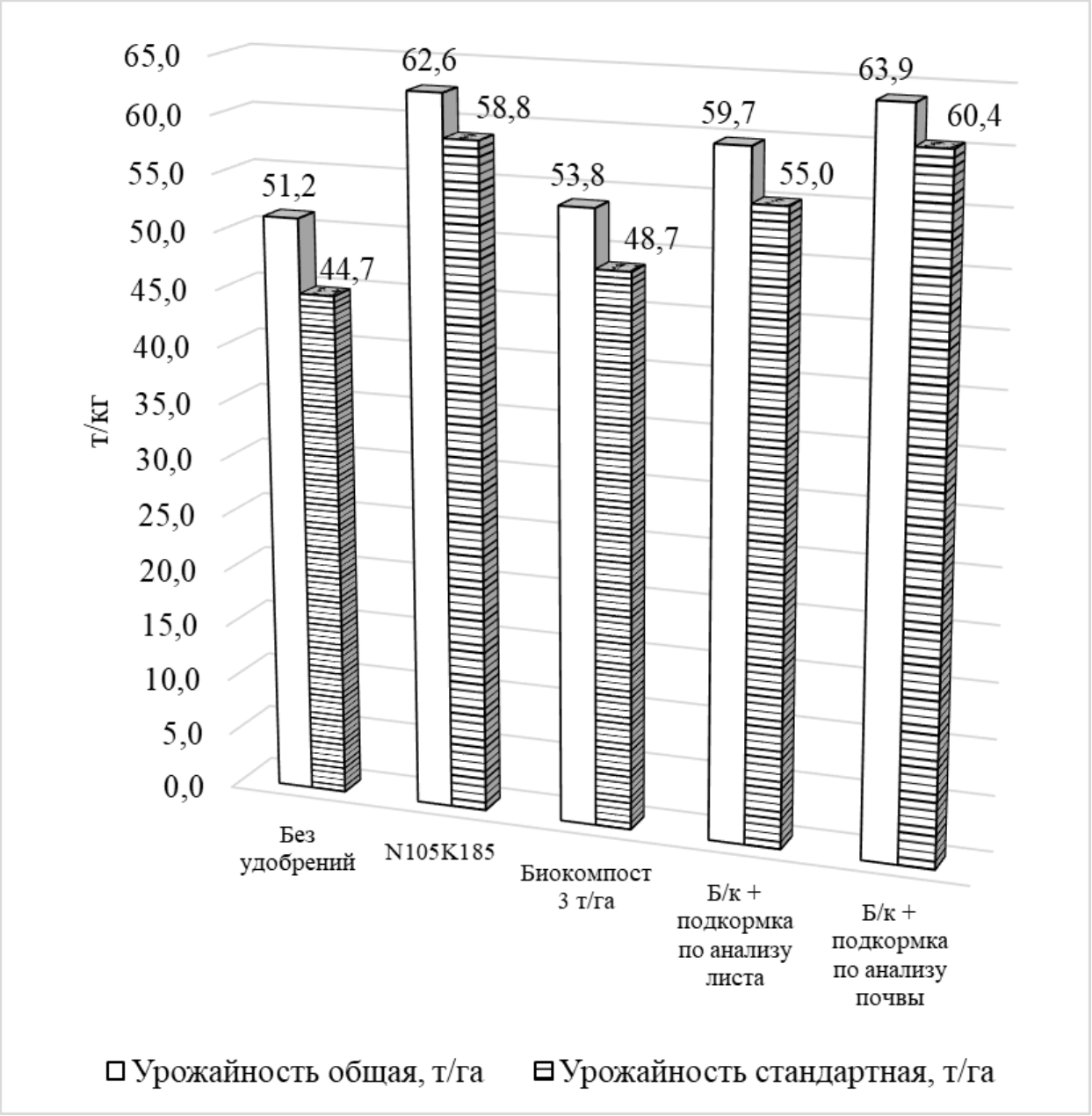

Рисунок 12 – Общая и стандартная урожайность моркови сорта Лосиноостровская 13 при минеральной и органической системах удобрения

Установление норм внесения минеральных удобрений на основе данных о питании растений в процессе агротехнических работ позволяет точно регулировать рост, развитие и формирование полезной части урожая (Борисов, 2016).

По результатам исследований морковь наиболее эффективно использует минеральное питание. Лучшие показатели урожайности наблюдаются при использовании минеральных удобрений, а также при их сочетании с органическими.

Учитывая то, что под морковь вносились азотные и калийные удобрения без фосфорных, можно отметить их роль в повышении урожайности. При внесении расчетной дозы урожайность составила 62,6 т/га, и при внесении подкормки по анализу почвы – 63,9 т/га, что выше на 22,4% и 24,9% чем на контрольном варианте. Данная разница может свидетельствовать о том, что азот и калий выступают лимитирующими элементами для моркови столовой на почве опытного участка.

Использование биокомпоста менее эффективно, чем минеральных удобрений. Увеличение урожайности от воздействия органики по сравнению с контрольным вариантом составило 5,1%, что на 17,3% меньше, чем при использовании минеральных удобрений. Это связано с низким содержанием азота и подвижного калия в почве, а также с разной скоростью разложения органических веществ.

Таблица 7 – Общая урожайность моркови сорта Лосиноостровская 13 при минеральной и органической системах удобрения за три года (2021 - 2023 гг.)

Вариант	Урожайность общая, т/га				
	2021 г	2022 г	2023 г	средняя	% от К
Без удобрений (к.)	52,1	53,2	48,2	51,2	100,0
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	64,3	64,1	59,5	62,6	122,4
Биокомпост 3 т/га	54,8	55,2	51,3	53,8	105,1
Б/к + подкормка по анализу листа	61,2	61,8	56,0	59,7	116,6
Б/к + подкормка по анализу почвы	66,5	65,7	59,5	63,9	124,9
$НСР_{05}$	5,1	5,4	4,3	2,2	3,8

В ходе работы были установлены некоторые закономерности влияния удобрений на стандартность столовых корнеплодов (табл. 8).

Положительное влияние на стандартность корнеплодов моркови оказывали минеральные удобрения и органические в сочетании с минеральными при дробном внесении. Наибольший процент стандартности продукции от общей получен на варианте с подкормкой по почвенной

диагностике – 94,6%.

Таблица 8 – Стандартная урожайность моркови сорта Лосиноостровская 13 при минеральной и органической системах удобрения за три года (2021 - 2023 гг.)

Вариант	Урожайность стандартная, т/га					
	2021 г	2022 г	2023 г	средняя	% от К	% от общей
Без удобрений (к.)	45,3	45,7	43,1	44,7	100,0	87,4
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	60,4	59,9	56,2	58,8	131,5	93,9
Биокомпост 3 т/га	49,3	49,8	47,1	48,7	108,9	90,6
Б/к + подкормка по анализу листа	56,3	56,6	52,2	55,0	123,0	92,2
Б/к + подкормка по анализу почвы	63,2	61,7	56,4	60,4	135,1	94,6
$НСР_{05}$	7,4	8,8	6,1	3,3	7,4	-

В структуре урожая моркови (табл. 9), на нестандартную продукцию приходилось от 5,4 до 12,6%, преимущественно за счет корнеплодов менее 2,5 см в диаметре (1,5-7,1%).

Таблица 9 – Структура урожая моркови сорта Лосиноостровская 13 от применения удобрений (2021-2023 гг.)

Вариант	Корнеплоды							
	Ø менее 2,5 *см*		Ø 2,5-6,0 *см* (стандарт)		Ø более 6,0 *см*		разветвлённые	
	т/га	% общей	т/га	% общей	т/га	% общей	т/га	% общей
Без удобрений (к.)	3,6	7,1	44,7	87,4	1,5	2,9	1,3	2,6
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	1,1	1,8	58,8	93,9	1,9	3,1	0,7	1,2
Биокомпост 3 т/га (фон)	2,5	4,7	48,7	90,6	1,1	2,0	1,4	2,7
Фон + подкормка по анализу листа	2,0	3,3	55,0	92,2	1,0	1,7	1,7	2,8
Фон + подкормка по анализу почвы	0,9	1,5	60,4	94,6	1,3	2,1	1,1	1,8

Последействие органических удобрений приводило к снижению качества корнеплодов моркови, а именно возрастал процент мелких

корнеплодов (по ГОСТ 1721-85 менее 2,5 см). Помимо этого, увеличивалась доля разветвленных корнеплодов, как и при применении подкормок по результатам растительной диагностики (анализ по «черешку»).

При внесении расчетной дозы минеральных удобрений повышалась доля нестандартной продукции в категории крупных корнеплодов (более 6,0 см), что отрицательно сказалось на стандартности продукции.

Свекла столовая, сорт Мулатка. Получена общая урожайность свеклы столовой на уровне 41,7-54,2 т/га со стандартной продукцией 81-92% (табл. 10, 11, рис. 13). Прибавка к контрольному варианту составила от 5,1 до 12,5 т/га (12-30%). Основное применение расчётной дозы $N_{175}P_{75}K_{270}$ позволило получить 52,7 т/га стандартной продукции, в т.ч. 42,6 т/га отборной (5-10 см в диаметре).

Применение подкормки по анализу листа $N_{54}K_{30}$ и анализу почвы $N_{65}K_{45}$ в фазу начала образования корнеплодов благоприятно отразилось на развитии растений свеклы, общая урожайность составила 51,6 и 54,2 т/га, стандартная 46,0 и 50,0 т/га, в т.ч. отборная 38,2 и 40,9 т/га. При этом достоверных отличий, учитывая $НСР_{05}$, между вариантами с основным внесением расчётной дозы и подкормками в опыте не установлено.

Столовая свекла показала себя в эксперименте как культура, хорошо реагирующая как на минеральное, так и на органическое питание. Прирост урожая по сравнению с контрольным вариантом в процентах оказался выше, чем у моркови. Особую роль играют азот и калий, которые значительно повышают урожайность свеклы. При добавлении этих элементов на фоне биокомпоста урожай увеличивается на 23,7–30,0%.

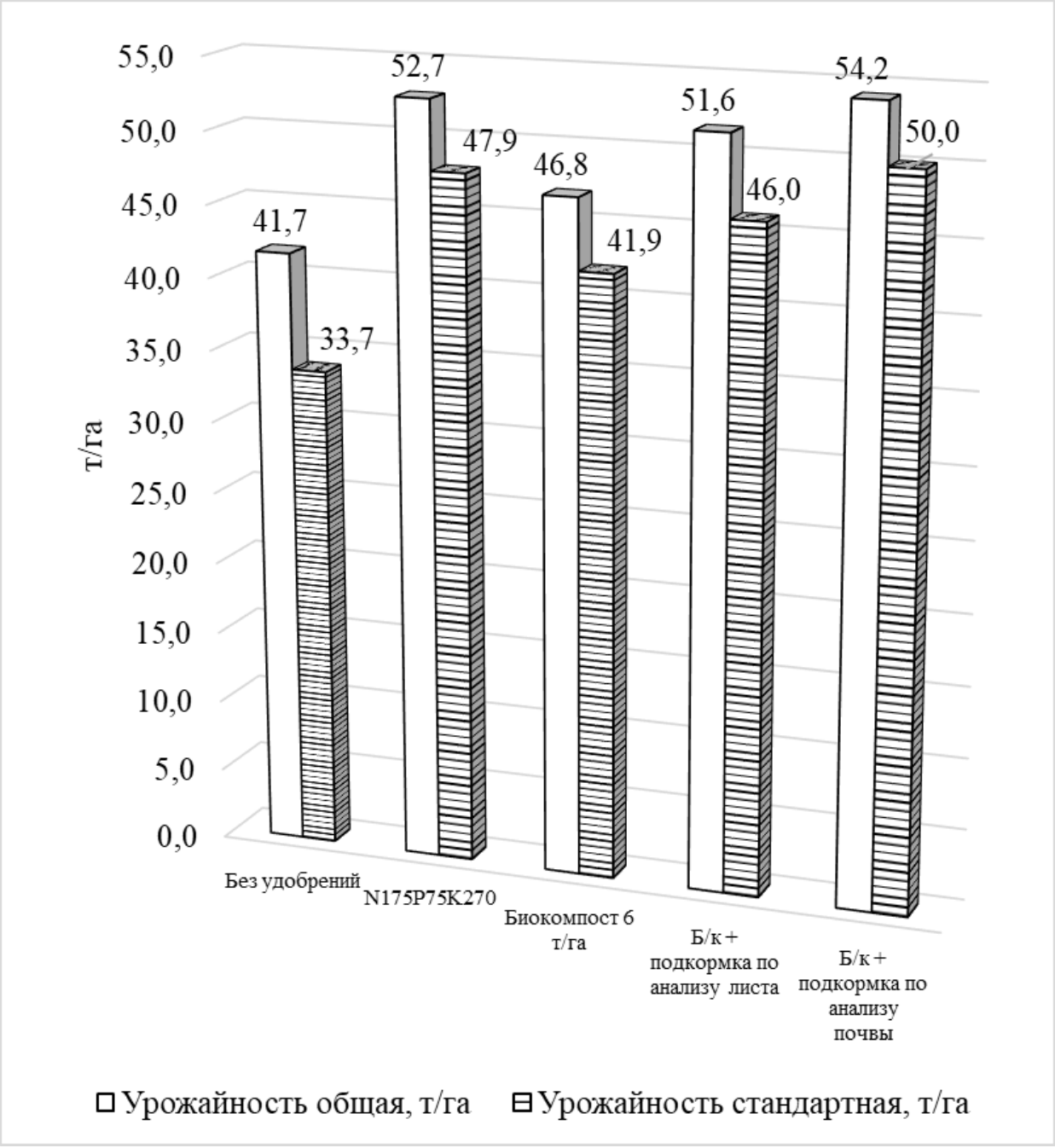

Рисунок 13 – Общая и стандартная урожайность свеклы столовой сорта Мулатка при минеральной и органической системах удобрения

Внесение биокомпоста в дозе 6 т/га дало минимальную прибавку урожайности, сказалась нехватка питательных веществ в почве, что подтверждается данными анализа почвы и черешков листьев, где содержание питательных веществ немногим превышало контрольный вариант. Это также может указывать на то, что количество питательных веществ в органическом удобрении недостаточно для полноценного роста и развития корнеплода, а также о том, что данная система не подходит для эффективного земледелия и

следует сочетать разные системы удобрений для полноценного питания культуры.

Таблица 10 – Общая урожайность свеклы столовой сорта Мулатка при минеральной и органической системах удобрения за три года (2021 - 2023 гг.)

Вариант	Урожайность общая, т/га				
	2021 г	2022 г	2023 г	средняя	% от К
Без удобрений (к.)	45,2	38,4	41,5	41,7	100,0
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	58,5	47,2	52,3	52,7	126,3
Биокомпост 6 т/га	53,9	40,8	45,6	46,8	112,2
Б/к + подкормка по анализу листа	58,0	46,9	49,9	51,6	123,7
Б/к + подкормка по анализу почвы	60,7	49,3	52,6	54,2	130,0
$НСР_{05}$	4,2	4,0	3,3	1,9	3,9

Стандартность корнеплодов свеклы столовой коррелировала с величиной урожайности, соответственно наилучший вариант был при внесении расчетной дозы минеральных удобрений, а также при подкормке по анализу почвы (составила она 90,9% и 92,3%) (табл. 11).

Таблица 11 – Стандартная урожайность свеклы столовой сорта Мулатка при минеральной и органической системах удобрения за три года (2021 - 2023 гг.)

Вариант	Урожайность стандартная, т/га					
	2021 г	2022 г	2023 г	средняя	% от К	% от общей
Без удобрений (к.)	36,9	30,7	33,4	33,7	100,0	80,7
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	54,8	42,7	46,1	47,9	142,1	90,9
Биокомпост 6 т/га	49,3	35,6	40,9	41,9	124,3	89,7
Б/к + подкормка по анализу листа	53,7	41,0	43,4	46,0	136,5	89,2
Б/к + подкормка по анализу почвы	56,5	45,4	48,2	50,0	148,4	92,3
$НСР_{05}$	6,3	5,8	5,4	2,3	6,8	-

При внесении удобрений отмечалось снижение доли корнеплодов менее 5 см в диаметре (до 7,7-10,8% против 19,3% на контроле) с

параллельным повышением доли крупных, 10-14 см в диаметре (до 10,1-17,5% против 3,4% на контроле), за счёт улучшения питательного режима почвы (табл. 12).

Наибольший процент корнеплодов менее 5 см в диаметре был на варианте с подкормкой по результатам растительной диагностики и составил 10,8%.

Наибольший выход отборной продукции получен на варианте внесения расчетной дозы NPK (80,8%), что может быть связано с положительным влиянием фосфора на рост и нормальное развитие корнеплодов, так как в остальных вариантах опыта нет дополнительного источника этого элемента.

Обобщая данные, можно утверждать, что применение удобрений в основное внесение и в результате подкормок, вело к росту выхода стандартной продукции в сравнении с контролем, в том числе, вследствие увеличения средней массы корнеплодов.

Таблица 12 – Структура урожая свеклы столовой сорта Мулатка от применения удобрений (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Корнеплоды							
	Ø менее 5 *см*		Ø 5-10 *см* (отборная)		Ø 10-14 *см*		Ø 5-14 *см* (стандарт)	
	т/га	% общей	т/га	% общей	т/га	% общей	т/га	% общей
Без удобрений (к.)	8,0	19,3	32,3	77,3	1,4	3,4	33,7	80,7
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	4,8	9,1	42,6	80,8	5,3	10,1	47,9	90,9
Биокомпост 6 т/га	4,9	10,3	33,7	72,2	8,2	17,5	41,9	89,7
Б/к + подкормка по анализу листа	5,6	10,8	38,2	74,1	7,8	15,1	46,0	89,2
Б/к + подкормка по анализу почвы	4,2	7,7	40,9	75,6	9,1	16,7	50,0	92,3

3.4 Биохимические показатели качества продукции в зависимости от применения удобрений и корневых подкормок

По результатам биохимических исследований, проведённых во время сбора урожая, в корнеплодах моркови содержится 11,4–12,3% сухого вещества, 7,26–8,22% сахаров, 6,38–8,16 мг% каротина и 72,5–172,3 мг/кг нитратов. В корнеплодах столовой свеклы эти показатели составили 13,1–15,0% сухого вещества, 10,12–11,68% сахаров, 112,1–156,2 мг% бетанина и 663,5–1260,7 мг/кг нитратов.

Содержание сухого вещества. Содержание сухого вещества — один из ключевых биохимических показателей качества овощей. Этот параметр отражает общее количество клетчатки, углеводов, минеральных солей и азотистых соединений. По уровню содержания сухих веществ можно определить степень зрелости корнеплодов, а также их способность к длительному хранению (Широков, 1988 и др.). Формирование сухого вещества зависит от множества факторов, включая систему удобрений, на которую можно повлиять. Накопление сухих веществ и их количество с единицы площади может использоваться для энергетической оценки методов выращивания сельскохозяйственных культур.

Анализируя результаты проведенного опыта, можно отметить, что на содержание в корнеплодах сухого вещества заметное влияние оказывают органические удобрения, как в отдельном применении, так и в сочетании с подкормками по результатам диагностики питания (табл. 13). При внесении биокомпоста содержание сухого вещества моркови составило 12%, а свеклы 15,0%. На варианте с применением подкормок по анализу листа содержание сухого вещества выросло, в сравнении с контролем, в моркови на 7,9%, а в свекле на 5,3%. Применение подкормок по анализу почвы дало более маленькую прибавку: 6,1% и 3,0% соответственно. Усиленное питание калием во время формирования корнеплода способствует переносу питательных веществ из надземной части растения в запасающую, что

способствует их накоплению (Масловский, 2001). Дополнительное наличие подвижных форм фосфора в биокомпосте на почвах с высоким содержанием фосфора приводит к более активному накоплению сухого вещества в корнеплодах моркови и свеклы при его использовании.

Таблица 13 - Влияние удобрений на содержание сухого вещества в столовых корнеплодах в среднем за три года (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Содержание сухого вещества, %			
	2021	2022	2023	среднее
Морковь, сорт Лосиноостровская 13				
Без удобрений (к.)	12,1	11,5	10,6	11,4
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	10,8	10,0	14	11,6
Биокомпост 3 т/га	11,7	11,9	12,4	12,0
Б/к + подкормка по анализу листа	11,9	12,1	12,9	12,3
Б/к + подкормка по анализу почвы	11,5	11,7	13,1	12,1
$НСР_{05}$	0,7	0,6	0,6	0,4
Свекла столовая, сорт Мулатка				
Без удобрений (к.)	15,7	12,3	11,4	13,1
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	13,6	11,7	10,9	12,1
Биокомпост 6 т/га	16,1	15,9	12,9	15,0
Б/к + подкормка по анализу листа	15,7	12,3	13,5	13,8
Б/к + подкормка по анализу почвы	15,3	12,1	13,1	13,5
$НСР_{05}$	1,81	2,02	1,85	1,5

Расчетная доза NPK значительно понижала содержание сухого вещества в растениях моркови и столовой свеклы по сравнению с использованием органических удобрений.

Содержание сахаров. Помимо общего количества сухих веществ, есть и другие важные биохимические показатели качества продукции. Содержание сахаров в корнеплоде также необходимый критерий качества, который показывает органолептические свойства овощной продукции, ее технологические свойства и лежкоспособность (Борисова и др., 2017).

Таблица 14 - Влияние удобрений на содержание сахаров в столовых корнеплодах в среднем за три года (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Содержание сахаров, %		
	моно-	ди-	∑
Морковь, сорт Лосиноостровская 13			
Без удобрений (к.)	1,64	5,62	7,26
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	1,42	6,67	8,09
Биокомпост 3 т/га	2,24	5,62	7,86
Б/к + подкормка по анализу листа	1,92	6,35	8,27
Б/к + подкормка по анализу почвы	1,88	6,41	8,29
$НСР_{05}$	0,62	1,23	2,41
Свекла столовая, сорт Мулатка			
Без удобрений (к.)	0,21	10,03	10,24
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	0,20	9,92	10,12
Биокомпост 6 т/га	0,25	11,43	11,68
Б/к + подкормка по анализу листа	0,23	11,03	11,26
Б/к + подкормка по анализу почвы	0,21	10,91	11,12
$НСР_{05}$	0,11	1,80	1,85

Анализ накопления сахаров в корнеплодах моркови показывает определённую связь между их количеством и содержанием сухих веществ (табл. 14). При использовании минеральных удобрений уровень сахаров оказался минимальным по сравнению с органическими и органо-минеральными вариантами, превысив контрольный показатель лишь на 8,5%. При применении биокомпоста содержание суммы сахаров возросло на 10,5%, при подкормке по анализу почвы на 12,1% и наибольшее содержание сахаров было на варианте с подкормкой по анализу растения (возросло на 13,2%). Основываясь на этом, можно отметить, что корнеплоды с относительно высоким содержанием сахаров были получены при использовании органических и органо-минеральных систем питания. Предполагается, что основное влияние на накопление сахаров оказывает фосфор из биокомпоста, даже несмотря на то, что почва уже достаточно обеспечена этим элементом.

Влияние удобрений на накопление сахаров в корнеплодах столовой свеклы несколько отличалось от их влияния на накопление сахаров в моркови.

Наибольшее содержание сахаров в свекле столовой было на варианте с внесением органических удобрений без дополнительной дозы минеральных, однако, такая повышенная сахаристость корнеплодов может свидетельствовать о недостаточном питании, при котором созревание ускоряется, что приводит к снижению урожайности, но при этом повышается уровень содержания сахаров. (Масловский, 2001).

На вариантах с органо-минеральным питанием, скорректированным по анализу «черешка», сахара возросли, по сравнению с контролем, на 10,0%, а по анализу почв на 8,6%. Расчетная доза минеральных удобрений дала отрицательные результаты, и содержание суммы сахаров было ниже, чем на контроле на 1,2%.

Другой важный показатель качества продукции — это соотношение дисахаридов и моносахаридов, или, иначе говоря, полимерных и мономерных форм сахаров. При росте корнеплодов в них параллельно накапливаются сложные сахара. Эти вещества действуют как природные антисептики при хранении и обеспечивают энергию для роста и прорастания верхушечной почки (Новиков, 2014).

Первичным источником углерода для углеводов растений является углекислый газ атмосферы, который поглощается в процессе фотосинтеза. Моносахариды, образующиеся при фотосинтезе или путем глюконеогенеза, могут превращаться в другие моносахариды, т.е. претерпевать большое число взаимопревращений. Эти взаимопревращения играют важную роль в процессе расщепления сахаров, а также для образования моносахаридных предшественников олиго- и полисахаридов. Сахароза – самый распространенный в природе дисахарид. Сахароза является наиболее важным из образующихся в растениях олигосахаридов, в форме которого связанный углерод и энергия, транспортируются по всему растению. В настоящее время

установлено, что сахароза синтезируется не только в хлоропластах, но и в цитоплазме фотосинтезирующих клеток из УДФ-глюкозы и фруктозо-6-фосфата, возникшего из дигидроксиацетонфосфата. Это вещество образуется при фотосинтезе в хлоропластах и затем поступает в цитоплазму (Борисова, 2017; Nookaraju, 2010).

Образование сахаров в корнеплодах в основном происходит двумя способами, в первом случае из листьев в корнеплоды идет отток углеводов, во втором за счет синтеза сахарозы. Важнейший фактор для активации сахаронакопления это хорошие развитие ботвы растения для более интенсивного процесса фотосинтеза.

Динамика накопления общего содержания сахаров у различных культур разная. У свеклы столовой в молодых корнеплодах содержание сахаров гораздо меньше, чем в вызревших, и обычно это моносахариды, исходя из этого отношение у них количества сахарозы к содержанию моносахаридов как правило находится на крайне низком уровне. С развитием и ростом корнеплода свеклы столовой общее содержание сахаров в нем возрастает, параллельно этому в большой степени усиливаются биосинтетические реакции, связанные с синтезом сахарозы, в итоге отношение сахарозы к моносахаридам во период созревания корнеплодов постепенно возрастает (Getz, 2000; Кургузова и др., 2012).

Накопление сахаров в корнеплодах моркови на протяжении всего периода вегетации происходит примерно также, как и в корнеплодах свеклы столовой.

Накопление сахаров зависит также от продолжительности вегетации растений, обычно раннеспелые корнеплоды характеризуются более низким содержанием сахара (Борисова, 2017).

Во всех вариантах опыта с корнеплодами данный показатель был больше единицы, что говорит о достаточной зрелости растений. У моркови самое большое значение этого соотношения было отмечено при внесении расчетной нормы минеральных удобрений, а у столовой свеклы при

использовании органических удобрений.

Содержание каротина в корнеплодах моркови. Морковь имеет некую особенность в обмене веществ, которая позволяет ей накапливать большое количество каротиноидов, которые в свою очередь являются показателем качества корнеплодов этой культуры. Оранжевая окраска появляется у моркови за счет этих соединений.

Каротиноиды - это ненасыщенные углеводороды терпенового ряда. У каротиноидов имеется шестичленное углеродное кольцо, что делает эти соединения особенными. Все типы каротиноидов имеют между собой генетическую связь. Они участвуют в фотосинтезе, отдавая свою энергию, и важны для защиты молекул хлорофилла от сине-фиолетовых лучей спектра, которые могут оказывать вредное воздействие на эти молекулы (Заводиленко, 1986; Amorim, 2023).

Таблица 15 - Влияние удобрений на содержание каротиноидов в моркови столовой сорта Лосиноостровская 13 (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Каротиноиды, мг%			
	2021	2022	2023	среднее
Морковь, сорт Лосиноостровская 13				
Без удобрений (к.)	7,02	6,34	5,78	6,38
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	6,2	8,04	10,24	8,16
Биокомпост 3 т/га	6,53	6,18	5,65	6,12
Б/к + подкормка по анализу листа	6,46	7,46	8,52	7,48
Б/к + подкормка по анализу почвы	6,32	7,32	8,14	7,26
$НСР_{05}$	0,24	0,29	0,26	0,12

По накоплению каротиноидов в корнеплодах моркови органические и органо-минеральные системы удобрения по этому показателю уступали минеральным (табл. 15). При внесении азотнокалийных удобрений содержание каротиноидов было больше чем на контроле на 28%. А при внесении биокомпоста уменьшалось на 4%. Использование подкормок на фоне органического удобрения давало прибавку на 17% и на 14%. В опытах

Chevalier W. (2022) доказано положительное влияние азотных удобрений на накопление каротина в корнеплодах моркови, такая же закономерность есть и в работах Razzaq M. (2017) et al. Также Marco E. Mng'ong'o et al в 2024 году проводил опыты на кукурузе, по его данным для повышения содержания каротиноидов внесение азотных удобрений имеет решающее значение.

Содержание бетанина в корнеплодах свеклы столовой. Бетанины – это растительные пигменты, использующиеся в качестве натуральных красителей в пищевой промышленности. Особый интерес вызван безопасными аспектами питания. Бетанины относятся к одной из групп беталаинов – бетацианины.

Беталаины являются поглотителями свободных радикалов и предотвращают активное кислородно-индуцированное и опосредованное свободными радикалами окисление биологических молекул.

Существует корреляционная зависимость между биосинтезом бетанинов и ограничением ионов аммония и низким уровнем нитрат-ионов (Pavlov, 2005). Таким образом, дополнительный источник азота, вносимый в почву является необходимым для синтеза беталаиновых пигментов.

Таблица 16 - Влияние удобрений на содержание бетанина в свекле столовой сорта Мулатка (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Бетанин, мг%			
	2021	2022	2023	среднее
Свекла столовая, сорт Мулатка				
Без удобрений (к.)	121,5	113,9	100,9	112,1
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	104,4	157	207,2	156,2
Биокомпост 6 т/га	113,5	132,8	144,6	130,3
Б/к + подкормка по анализу листа	109,3	147,9	191,9	149,7
Б/к + подкормка по анализу почвы	106,4	141,3	180,7	142,8
$НСР_{05}$	2,0	2,2	3,7	1,2

Наибольшее содержание бетанина отмечается на варианте расчетной дозы и превышает контроль на 39% (табл. 16). Внесение подкормок также

положительно влияет на накопление бетанинов.

Содержание нитратов. Содержание нитратов - один из ключевых показателей качества овощей, который зависит от видов и способов внесения удобрений. По предельно допустимому количеству нитратов в продукции можно понять, подходит ли она для детского или диетического питания. Сильное влияние на накопление нитратов в корнеплодах оказывают условия окружающей среды. На этот процесс влияют количество азотных удобрений, температура почвы и её основные агрохимические характеристики (Борисова и др., 2017).

Благодаря своим биологическим особенностям столовая свекла накапливает больше нитратов, чем морковь. Исследование показало, что при использовании органических удобрений уровень нитратов в корнеплодах свеклы и моркови ниже, чем при применении минеральных удобрений.

Таблица 17 - Влияние удобрений на содержание нитратов в столовых корнеплодах (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Нитраты, мг/кг			
	2021	2022	2023	среднее
Морковь, сорт Лосиноостровская 13				
Без удобрений (к.)	16	65	136	73
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	44	157	316	172
Биокомпост 3 т/га	22	53	161	79
Б/к + подкормка по анализу листа	31	103	198	111
Б/к + подкормка по анализу почвы	34	115	233	127
$НСР_{05}$	10,3	17,3	28,6	14,8
Свекла столовая, сорт Мулатка				
Без удобрений (к.)	15	843	664	507
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	269	1378	1261	969
Биокомпост 6 т/га	41	1106	809	652
Б/к + подкормка по анализу листа	78	1350	996	808
Б/к + подкормка по анализу почвы	112	1290	903	768
$НСР_{05}$	11,3	51,2	34,3	19,4

Применение органо-минеральных систем удобрений ведет к некоторому снижению содержания нитратов по сравнению с минеральной системой. Внесение подкормок минеральными удобрениями на фоне органических по результатам растительной диагностики на свекле столовой, способствовало большему накоплению нитратов, чем на моркови, и составило 808 мг/кг, в то время, как на моркови 111 мг/кг (табл. 17). В отличие от свеклы столовой, подкормки на основе почвенной диагностики привели к более значительному накоплению нитратов в моркови (127 мг/кг против 768 мг/кг).

Использование органических удобрений способствует уменьшению концентрации нитратов в столовых корнеплодах. К примеру, на участках, где применялся биокомпост, уровень NO_3 в свекле составил 652 мг/кг, а в моркови - 79 мг/кг.

Важно подчеркнуть, что во всех экспериментах содержание нитратов оставалось ниже допустимого максимума. Для столовой свеклы этот порог установлен на уровне 1400 мг/кг, а для моркови - 250 мг/кг.

В заключение можно сказать, что использование биокомпоста вместо NPK при выращивании корнеплодов положительно повлияло на их состав: количество сухого вещества увеличилось на 3,4 и 18,3%, а суммарное содержание сахаров — на 1,8 и 15,4% соответственно. Дополнительные подкормки на фоне биокомпоста, согласно результатам анализа питания, практически не изменили состав корнеплодов, однако прослеживается тенденция к повышению уровня сухого вещества, сахаров, витаминов и нитратов.

При внесении расчетной дозы NPK на корнеплодах, возрастало содержание витаминов, количество каротиноидов в моркови увеличилось на 27,9%, а количество бетанина на свекле столовой на 39,3%.

Наибольшая концентрация нитратов в корнеплодах была зафиксирована при применении расчётной дозы NPK: для моркови показатель достиг 172 мг/кг, а для столовой свеклы - 969 мг/кг. Однако при

использовании биокомпоста уровень нитратов существенно уменьшился, составив 79 мг/кг для моркови и 652 мг/кг для свеклы. Внесение удобрений в начале июля на участках с диагностикой питания слегка повысило концентрацию NO_3 в продукции.

3.5Сохранность моркови и свеклы столовой при зимне-весеннем хранении в зависимости от системы применения удобрений

Изучение вопроса влияния минеральных подкормок на сохранность овощной продукции не менее важно, чем ее выращивание. Виды и дозы удобрений, как известно, оказывают влияние не только на урожайность и качество овощной продукции, но и на ее сохранность (Борисов, 2006; Мудреченко, 2022).

Потери продукции при хранении происходят как правило из-за естественного снижения массы, вызванного дыханием и испарением влаги. Также убыль возникает из-за болезней, таких как фузариоз, белая, серая и чёрная гниль, а при хранении столовой свеклы дополнительно может появляться порча хвостовой части (Ахатов, 2013; Меньших, 2019).

Исследование по сохранности корнеплодов проводилось в холодильных камерах овощехранилища при точно заданных условиях: температура составляла 0-1°С, а относительная влажность воздуха была 90-95%. Корнеплоды хранились в полипропиленовых мешках 550х950 мм на деревянных поддонах 1000х1200 мм. Контроль и управление температурно-влажностным режимом хранения осуществлялся в автоматическом режиме системой управления параметрами микроклимата.

Для хранения отбирались стандартные корнеплоды, нестандартные корнеплоды в учётные сетки не отбирались.

В конце периода хранения проводился учёт убыли массы продукции, корнеплодный анализ, фитопатологическое исследование.

Корнеплодный анализ включает в себя оценку товарного качества

столовых корнеплодов по соответствующим нормативным документам, выделение поражённых корнеплодов и их группировку по видам болезней. Определение болезней проводится визуальным методом в соответствии с описаниями альбома научного труда «Определитель болезней сельскохозяйственных культур» (Хохряков, 1984).

Таблица 18 - Влияние удобрений на сохранность моркови сорта Лосиноостровская 13 (2021-2023 гг.)

Вариант	Выход товарной продукции после хранения		Потери при хранении 6 месяцев (октябрь-апрель)					
			убыль массы, %	от болезней, %				
				всего	в т.ч. по видам болезней			
	%	т/га			фузариоз	белая гниль	серая гниль	черная гниль
Морковь, сорт Лосиноостровская 13								
Контроль - без удобрений	78,3	35,0	12,4	9,3	2,5	0	3,8	3,0
NPK	84,8	49,9	9,2	6,0	2,1	0	1,9	2,0
Биокомпост	82,5	40,2	9,1	8,4	0	1,5	3,9	3,0
Б/к + подкормка по анализу листа	80,5	44,3	10,3	9,2	2,8	1,4	3,4	1,6
Б/к + подкормка по анализу почвы	81,4	49,2	9,8	8,8	0	1,7	3,4	3,7
$НСР_{05}$	-	1,59	1,08	0,79	-	-	-	-

Нашими опытами установлено, что на моркови столовой применение минеральных удобрений в основное внесение обеспечивало наименьшие потери при хранении корнеплодов (табл. 18, рис. 14). Убыль массы составила 9,2%, а потери от болезней 6,0%, большая часть корнеплодов была поражена фузариозом, белая гниль не встречалась. При применении органического удобрения в основное внесение убыль массы бала на таком же уровне, однако развитие болезней было более активное (потери от болезней 8,4%), фузариоз не был обнаружен, но корнеплоды были повреждены разными видами гнили. При применении подкормок минеральными удобрениями на фоне органических, корнеплоды сохранились лучше, чем на контрольном варианте, однако общие потери составили 19,5% и 18,6%, что превышает

потери при применении минеральных и органических удобрений в основное внесение.

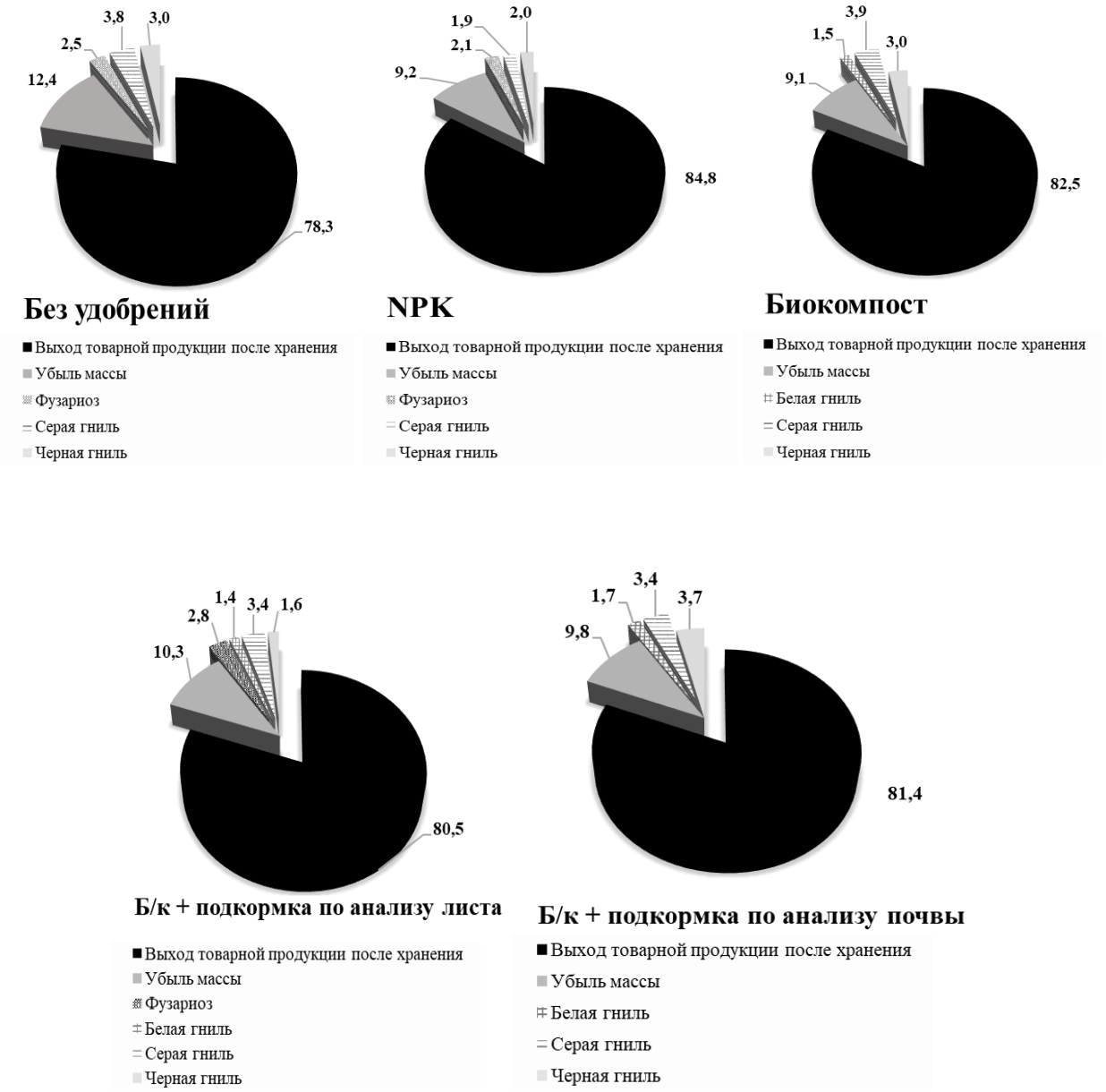

Рисунок 14 – Влияние удобрений на сохранность моркови столовой сорта Лосиноостровская 13 после хранения (2021-2023 гг.)

На столовой свекле наименьшие потери продукции при хранении обеспечивали минеральные удобрения в основное внесение (табл. 19, рис. 15), аналогично хранению моркови столовой. Убыль массы составила 6,1%, а потери от болезней 11,0%, большая часть корнеплодов была потеряна из-за поражения их серой гнилью. При применении органического удобрения в основное внесение убыль массы составила 10,5%, что значительно хуже, чем

при внесении минеральных удобрений, потери от болезней составили 8,3%, зафиксировано развитие фузариоза и хвостовой гнили в небольшом процентом содержании и преобладание серой гнили (6,9%). В сравнении с контрольным вариантом, применении подкормок минеральными удобрениями на фоне органических, корнеплоды свеклы столовой имели меньшую убыль массы, однако на варианте с применением подкормок по растительной диагностике продукция сильно поражается серой гнилью, приводя к очень большим потерям, исходя из этого применение удобрений в основное внесение обеспечивает лучшею сохранность корнеплодов.

Таблица 19 - Влияние удобрений на сохранность свеклы столовой сорта Мулатка (2021-2023 гг.)

Вариант	Выход товарной продукции после хранения		Потери при хранении 6 месяцев (октябрь-апрель)					
			убыль массы, %	от болезней, %				
				всего	в т.ч. по видам болезней			
	%	т/га			фузариоз	белая гниль	серая гниль	хвостовая гниль
Свекла столовая, сорт Мулатка								
Контроль - без удобрений	75,6	25,5	12,6	11,8	3,1	0	5,6	3,1
NPK	82,9	39,7	6,1	11,0	1,4	0	9,5	0,1
Биокомпост	81,2	34,0	10,5	8,3	1,3	0	6,9	0,1
Б/к + подкормка по анализу листа	78,4	36,1	7,3	14,3	2,2	0	12,1	0
Б/к + подкормка по анализу почвы	80,4	40,2	11,2	8,4	1,9	0	6,3	0,2
$НСР_{05}$	-	1,16	0,70	0,63	-	-	-	-

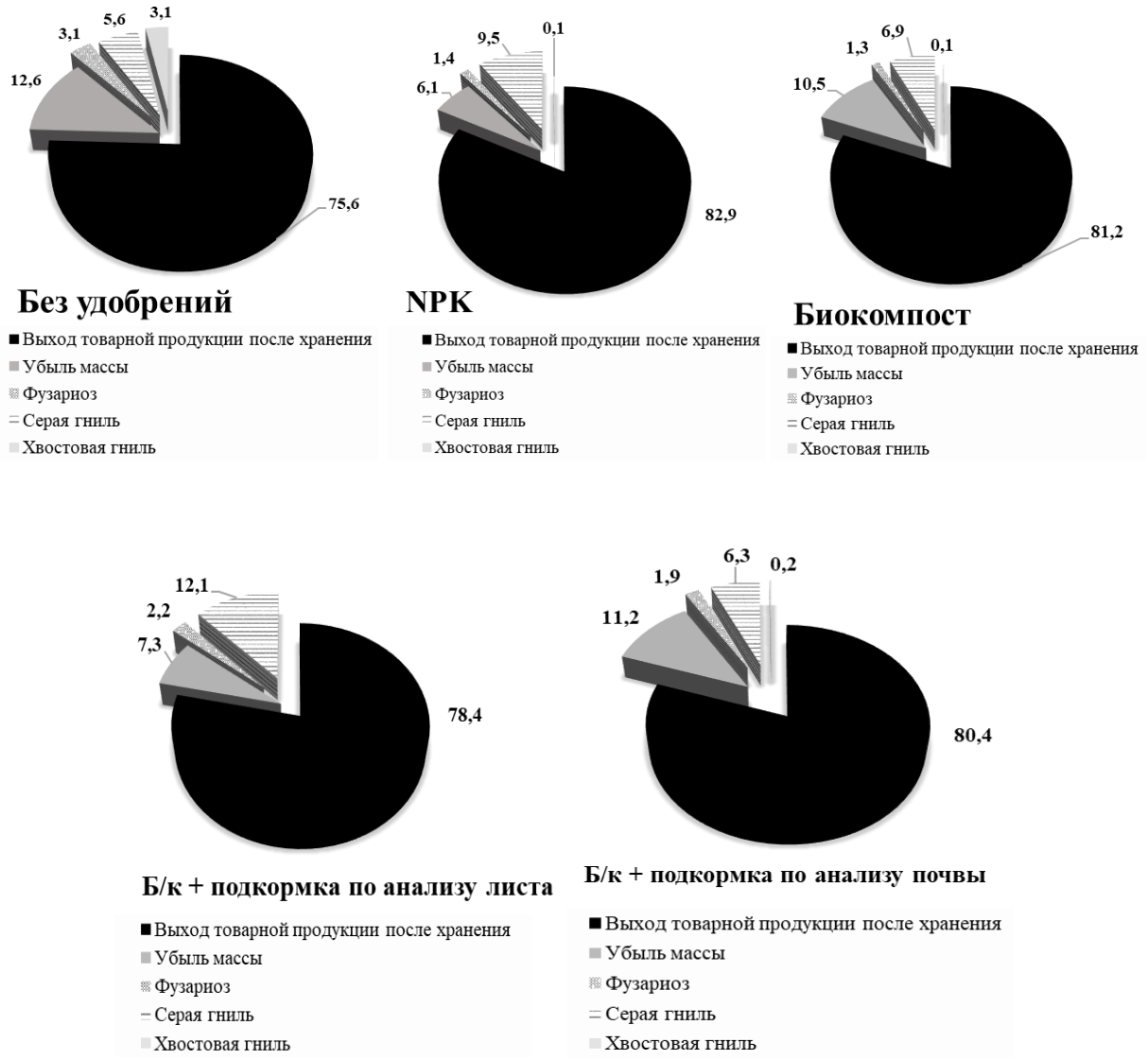

Рисунок 15 – Влияние удобрений на сохранность свеклы столовой сорта Мулатка после хранения (2021-2023 гг.)

Таким образом, нашими опытами по сохранности овощной продукции установлено, что применение минеральной системы удобрений обеспечивает наибольший выход продукции после хранения.

3.6Потребление, вынос и коэффициенты использования питательных веществ столовыми корнеплодами

Объём азота, фосфора и калия, который сельскохозяйственные культуры извлекают из почвы вместе с урожаем, отражает их потребность в ключевых питательных компонентах. Потребность в данных элементах для

получения определённого количества урожая может варьироваться в зависимости от качества почвы, погодных условий, используемых агротехнических методов, особенностей сорта, видов удобрений и других условий (Демин, 1981).

Расчёт объёма потребления и выноса питательных веществ является важным этапом для создания обоснованной системы удобрений, определения необходимых доз под заданный урожай и сохранения баланса питательных элементов в почве без ее истощения.

Хозяйственный баланс питательных веществ показывает, сколько элементов (например, NPK) возвращается в почву с удобрениями и как это соотносится с количеством, унесённым с урожаем, собранным с поля. Эти составляющие составляют основную часть структуры потерь и восполнения питательных веществ (Демин, 1981).

При анализе баланса питательных веществ в севообороте или его отдельных элементах необходимо принимать во внимание ряд аспектов: состояние естественного плодородия почвы, типы возделываемых корнеплодов, объём питательных компонентов, добавляемых с удобрениями, эффективность их усвоения растениями в процессе развития, а также дополнительные факторы.

Баланс азота, который поступил в почву с внесенными удобрениями на малогумусированных почвах с лёгким механическим составом должен быть выше на 20%, чем вынос этого элемента, однако на почвах с высоким содержанием органического вещества позволителен незначительный дефицит азота до 10-20%. Вне зависимости от почвы баланс фосфора должен быть выше выноса этого элемента. Если почва богата калием, на ней допускается отрицательный баланс на 10-30% при тяжелом механическом составе. Если почва легкого механического состав, то баланс по калию должен быть положительным (Дёмин, 1981; Муравин и др., 2009).

При разработке системы удобрений в севообороте важно рационально задействовать естественное плодородие почвы, предотвращая его ухудшение

и способствуя восстановлению и повышению его продуктивности.

В условиях аллювиальных луговых почв Нечерноземья были получены экспериментальные данные о поглощении и выносе питательных элементов столовыми корнеплодами при применении разных подходов к удобрению (использовалась минеральная система применения удобрений, органическая и органо-минеральная, где основное внесение органики сочетается с корневыми подкормками минеральными веществами в период вегетации). Кроме того, были определены коэффициенты использования питательных компонентов из почвы и удобрений, а также выполнен расчёт хозяйственного баланса питательных веществ в почве.

Химический состав растений моркови и свеклы столовой

В образцах растений с типичными корнеплодами проводился анализ химического состава моркови и столовой свеклы (табл. 20). Во время сбора урожая в корнеплодах моркови было зафиксировано 0,84–1,16% азота, 0,47–0,67% фосфора и 1,89–2,28% калия, тогда как в листьях эти показатели составили 1,20–1,38%, 0,32–0,37% и 1,39–1,59% соответственно. В столовой свекле концентрация питательных элементов оказалась выше: в корнеплодах содержалось 2,27–2,61% азота, 0,74–0,92% фосфора и 3,38–3,78% калия, а в листьях — 2,92–3,13%, 0,54–0,72% и 1,92–2,18% соответственно.

Различные подходы к удобрению продемонстрировали неодинаковые результаты в накоплении азота, фосфора и калия в моркови и свекле. Наименьшее количество питательных веществ в главной и дополнительной продукции наблюдалось на участке без использования удобрений. Применение расчётной дозы NPK в качестве основного удобрения способствовало увеличению содержания азота, фосфора и калия в корнеплодах и в листьях. Корневые подкормки (на фоне использования биокомпоста), назначенные на основе анализа почвы и черешков листьев, улучшили химический состав растений. По сравнению с использованием только биокомпоста наблюдалось увеличение содержания питательных веществ в основной и побочной продукции.

Таблица 20 – Химический состав растений столовых корнеплодов стандартной группы (среднее за 2021-2023 гг.)

Вариант	Корнеплоды – основная продукция				Листовой аппарат – побочная продукция				Доля основной продукции
	сухое вещество	N	P_2O_5	K_2O	сухое вещество	N	P_2O_5	K_2O	
	%	% в сухом веществе			%	% в сухом веществе			
Морковь									
Без удобрений (контроль)	11,4	0,84	0,47	1,89	15,9	1,20	0,32	1,39	0,822
NPK	11,6	1,12	0,64	2,28	16,6	1,36	0,37	1,59	0,847
Биокомпост	12,0	1,03	0,66	2,11	17,6	1,30	0,37	1,42	0,850
Биокомпост + растит. диагностика	12,3	1,11	0,67	2,18	17,5	1,34	0,35	1,50	0,859
Биокомпост + почв. диагностика	12,1	1,16	0,63	2,22	17,3	1,38	0,34	1,49	0,861
В среднем по вариантам	**11,9**	**1,05**	**0,61**	**2,14**	**17,0**	**1,32**	**0,35**	**1,48**	**0,848**
Свекла столовая									
Без удобрений (контроль)	13,1	2,27	0,74	3,38	10,8	2,92	0,54	1,92	0,753
NPK	12,1	2,59	0,92	3,78	10,3	3,08	0,63	2,18	0,734
Биокомпост	15,0	2,44	0,88	3,43	11,3	3,02	0,67	2,02	0,771
Биокомпост + растит. диагностика	13,8	2,61	0,90	3,59	11,4	3,09	0,69	2,07	0,747
Биокомпост + почв. диагностика	13,5	2,58	0,89	3,53	11,6	3,13	0,72	2,05	0,758
В среднем по вариантам	**13,5**	**2,50**	**0,87**	**3,54**	**11,1**	**3,05**	**0,65**	**2,05**	**0,753**

Потребление и вынос питательных веществ

Чтобы вырастить 10 тонн основной продукции (корнеплодов) и соответствующий объём побочной, растения моркови потребляли в зависимости от методов применения удобрений и подкормок от 13,0 до 17,4 кг азота (N), 6,3–9,1 кг фосфора (P_2O5) и 25,5–30,5 кг калия (K_2O) (табл. 21). Для столовой свеклы рассчитанные значения были: 37,5–44,9 кг азота, 11,1–14,9 кг фосфора и 49,4–56,7 кг калия. Минимальное использование питательных элементов наблюдалось на участке без применения удобрений, а максимальное — при проведении корневых подкормок, назначенных на основе анализа питания.

Учитывая полученный урожай, общий вынос питательных веществ оказался следующим: для моркови - 58,0-104,8 кг/га азота, 28,0-51,0 кг/га фосфора и 113,9-183,9 кг/га калия; для столовой свеклы - 126,5-218,1 кг/га азота, 37,5-70,2 кг/га фосфора и 166,5-267,0 кг/га калия соответственно. Применение минеральных и органических удобрений при основном внесении, а также минеральных подкормок в период роста способствовало увеличению общего выноса питательных веществ. Это связано с повышением урожайности, содержания сухого вещества и концентрации питательных элементов в основной и побочной продукции.

Элементы питания в процентном соотношении по вариантам опыта были на близком уровне: 29,0-31,0% N, 14,1-16,5% P_2O_5, 53,9-56,9% K_2O для моркови и 38,1-39,3% N, 11,3-12,8% P_2O_5, 48,1-50,4% K_2O для свеклы столовой.

По итогу среднее потребление питательных веществ (кг) на создание 10 тонн урожая основной продукции (вместе с побочной) было для моркови: азота - 15,9, фосфора - 8,2, калия - 29,2; для столовой свеклы - 41,9, 13,5 и 53,3 соответственно. Эти данные в целом соответствуют обобщенным сведениям из литературных источников (Борисов, 2016). У свеклы столовой значительно больше потребность в азоте и калии, чем у моркови, поэтому при прочих равных условиях дозы удобрений под неё выше.

Таблица 21 – Потребление и вынос питательных веществ столовыми корнеплодами (2021-2023 гг.)

Фон питания	Потребление на 10 т основной продукции с учётом побочной, кг			Общий вынос стандартным урожаем, кг/га			Соотношение питательных веществ, %		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Морковь									
Без удобрений (контроль)	13,0	6,3	25,5	58,0	28,0	113,9	29,0	14,1	56,9
NPK	16,4	8,4	30,5	96,7	49,2	179,3	29,7	15,2	55,2
Биокомпост	15,8	8,9	29,1	76,9	43,3	141,6	29,4	16,5	54,1
Биокомпост + растит. диагностика	17,0	9,1	30,5	93,3	50,1	167,8	30,0	16,1	53,9
Биокомпост + почв. диагностика	17,4	8,4	30,4	104,8	51,0	183,9	31,0	14,9	54,1
В среднем по вариантам	**15,9**	**8,2**	**29,2**	**85,9**	**44,3**	**157,3**	**29,8**	**15,4**	**54,8**
Свекла столовая									
Без удобрений (контроль)	37,5	11,1	49,4	126,5	37,5	166,5	38,3	11,3	50,4
NPK	39,8	12,9	51,7	190,5	61,6	247,7	38,1	12,4	49,5
Биокомпост	44,4	14,9	56,7	186,1	62,6	237,5	38,3	12,8	48,9
Биокомпост + растит. диагностика	44,9	14,4	55,5	206,7	66,3	255,4	39,1	12,5	48,3
Биокомпост + почв. диагностика	43,6	14,0	53,4	218,1	70,2	267,0	39,3	12,6	48,1
В среднем по вариантам	**41,9**	**13,5**	**53,3**	**185,1**	**59,6**	**234,8**	**38,6**	**12,3**	**49,1**

Баланс питательных веществ

Хозяйственный баланс (табл. 22) питательных веществ при выращивании моркови и свеклы столовой на варианте без удобрений, из-за полного отсутствия компенсации выноса элементов питания, был неудовлетворительным на всех макроэлементах. На корнеплодах моркови дефицит по азоту был 42,8 кг/га, по фосфору 24,0, по калию 96,3 кг/га; на свекле столовой – 100,2 кг/га, 32,7 и 149,2 кг/га соответственно. Применение в основное внесение расчётной дозы минеральных удобрений обеспечило положительный баланс питательных веществ (кроме фосфора на культуре моркови), который составил 21,7 - 50,9 кг/га (в процентах от выноса 119-141%). Для моркови отрицательный баланс по фосфору (-43,7 кг/га) был обусловлен отсутствием фосфорных удобрений; из-за высокого содержания подвижного фосфора в почве (свыше 20 мг/100 г по методу Чирикова). Расчётный метод определения дозы на планируемый урожай показал отсутствие необходимости в фосфорных удобрениях. Внесение биокомпоста в дозах 3 (для моркови) и 6 (для свеклы столовой) т/га привело к положительному балансу по азоту (26,6 - 29,8 кг/га) и фосфору (21,4 - 64,7 кг/га). По калию в органической системе удобрений выявлен дефицит в количестве 63,3 кг/га для моркови и 95,6 кг/га для свеклы столовой. Причины этого кроются в агрохимическом составе биокомпоста, содержащем 3% азота и по 2% фосфора и калия, то есть для овощных культур на аллювиальной луговой почве его состав несколько «разбалансирован». Учитывая это обстоятельство, на вариантах с основным внесением биокомпоста нами проведена диагностика питания по анализу черешка листа и почвы, а в следствии рассчитаны и внесены (при необходимости) подкормки минеральными удобрениями. Проведённые корневые подкормки позволили уменьшить дефицит по калию на культуре свеклы столовой, несмотря на увеличение её урожайности, и соответственно, выноса питательных веществ. На культуре моркови в виду невысокой дозы подкормки и параллельного увеличения урожайности отрицательный баланс по калию усилился. В

среднем, на вариантах с удобрениями, баланс питательных веществ составил 130-150% от выноса по азоту, 104-193% по фосфору и 64-82% по калию.

Анализируя баланс питательных веществ можно предположить, что при возделывании столовых корнеплодов на аллювиальных луговых почвах Нечерноземной зоны с использованием минеральной системы удобрений (вариант NPK) допустимо снижение норм внесения азота и калия на 5-10% для моркови и свеклы столовой и фосфора на 10% – для свеклы столовой; добавка фосфорных удобрений в количестве 40-50 кг/га д.в. под морковь. На вариантах органо-минеральной системы удобрений (биокомпост с корневыми подкормками NPK) уменьшение дозы азотных подкормок на 10-15% (по д.в.) и увеличение дозы калийных подкормок в 1,5-2,5 раза (по д.в.).

Таблица 22 – Хозяйственный баланс питательных веществ при выращивании столовых корнеплодов

Вариант	Внесено с удобрениями, кг/га			Вынесено стандартным урожаем, кг/га			Возвращено с листовой розеткой, кг/га			Баланс питательных веществ, кг/га и %выноса		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Морковь												
Без удобрений (контроль)	0	0	0	58,0	28,0	113,9	15,2	4,0	17,6	-42,8	-24,0	-96,3
										0	0	0
NPK	105	0	185	96,7	49,2	179,3	20,3	5,5	23,7	28,6	-43,7	29,5
										137	0	119
Биокомпост	90	60	60	76,9	43,3	141,6	16,7	4,8	18,3	29,8	21,4	-63,3
										150	156	49
Биокомпост + растит. диагн.	107	60	60	93,3	50,1	167,8	18,2	4,7	20,4	31,9	14,7	-87,5
										142	132	41
Биокомпост + почв. диагн.	142	60	74	104,8	51,0	183,9	20,0	4,9	21,6	57,2	14,0	-88,2
										167	130	46
В среднем по вар. с удобрением	**111,0**	**45,0**	**94,8**	**92,9**	**48,4**	**168,2**	**18,8**	**5,0**	**21,0**	**36,9**	**1,6**	**-52,4**
										150	104	64
Свекла столовая												
Без удобрений (контроль)	0	0	0	126,5	37,5	166,5	26,3	4,9	17,3	-100,2	-32,7	-149,2
										0	0	0
NPK	175	75	270	190,5	61,6	247,7	40,4	8,3	28,6	24,9	21,7	50,9
										117	141	123
Биокомпост	180	120	120	186,1	62,6	237,5	32,7	7,3	21,9	26,6	64,7	-95,6
										117	217	56
Биокомпост + растит. диагностика	234	120	150	206,7	66,3	255,4	41,0	9,2	27,5	68,3	62,9	-77,9
										141	210	66
Биокомпост + почв. диагностика	245	120	195	218,1	70,2	267,0	43,9	10,1	28,8	70,9	59,9	-43,3
										141	200	82
В среднем по вар. с удобрением	**208,5**	**108,8**	**183,8**	**200,4**	**65,2**	**251,9**	**39,5**	**8,7**	**26,7**	**47,7**	**52,3**	**-41,5**
										130	193	82

Коэффициенты использования питательных веществ

Коэффициент усвоения питательных элементов — это часть определённого вещества, которую растение поглотило за период роста, отнесённая к общему объёму доступной формы этого же элемента. Вычисляется по формуле: $К_П$ (%) = [а/в] × 100, где а — масса питательного вещества (кг/га), которое урожай вынес из почвы, до внесения минеральных удобрений, в — запас подвижной формы этого вещества в почве (кг/га). Содержание подвижной (гидролизуемой) формы азота определяли по методу Корнфилда, фосфора и калия – по методу Чирикова. Пересчёт на гектар осуществляли на мощность пахотного слоя 0,25 м и плотности его (объёмной массы) 1200 кг/м^3.

В.А. Дёмин (1981) указывает, что чем больше содержание доступных питательных веществ в почве, тем в меньшем объеме они усваиваются растениями. Однако при использовании удобрений и организации полива питательные элементы становятся более доступными, что стимулирует растения к усиленному их поглощению.

Коэффициент усвоения питательных элементов из удобрений показывает, какую часть от общего объёма введённых с удобрениями веществ растения поглощают для повышения урожайности. Этот показатель обычно вычисляют «методом разностей», то есть определяют разницу между количеством элементов, выносимых с урожаем на поле с внесенными удобрениями и на поле без удобрений, и представляют результат в процентах. Формула для расчёта: $К_У$ (%) = [[$В_У$ - $В_О$] × 100] / с, где $В_У$ — количество питательного вещества (кг/га), вынесенное с урожаем на удобренном участке, $В_О$ — количество питательного вещества (кг/га), вынесенное на неудобренном участке, с — масса питательного вещества (кг/га), внесённого с удобрением.

Важно отметить, что «разносный метод» имеет существенный минус. Он исходит из предположения, что при внесении удобрений количество питательных элементов, извлекаемых растениями из почвы, остаётся

неизменным. Однако на практике это не всегда выполняется. Из-за этого расчётные показатели иногда достигают или даже превышают 100%, что указывает на то, что культуры используют не только внесённые удобрения, но и активнее поглощают вещества из самой почвы.

Степень усвоения питательных элементов может значительно варьироваться в зависимости от характеристик культур и внешних условий (плодородие почвы, климатические особенности, агротехнические приёмы, нормы и сроки внесения удобрений и т. д.). В силу того, что комбинация этих факторов в природе крайне многообразна, значения показателей также могут сильно разниться.

В наших исследованиях (табл. 23) расчётные данные использования питательных веществ столовыми корнеплодами на аллювиальной луговой почве оказались следующими: для моркови — N: 19, P_2O_5: 5, K_2O: 38; для столовой свеклы — N: 42, P_2O_5: 6, K_2O: 55. Как видно, растения свеклы более эффективно усваивали азот и калий из почвы. Поглощение фосфора у обеих культур было примерно одинаковым (5–6%). Для расчёта использовались средние значения содержания в пахотном слое (0–25 см): гидролизуемого азота (10 мг/100 г по методу Корнфилда), подвижного фосфора (20 мг/100 г по методу Чирикова) и калия (10 мг/100 г по методу Чирикова), а также объёмная масса слоя, равная 1,20 г/см³. На основе этих данных общее количество доступных питательных веществ в почве составило (кг/га): N – 300, P_2O_5 – 600, K_2O – 300.

Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений так же разнились у изучаемых культур. Столовая свекла более полно использовала питательные вещества удобрений. Так, для моркови КИУ азота составил 21-37%, КИУ фосфора 26-38%, КИУ калия 35-95%, тогда как для свеклы столовой получены 64-76%, 29-45% и 50-103% соответственно. Высокие коэффициенты использования калия (79-95%) на вариантах с применением подкормок по диагностике питания косвенно подтверждают недостаточное количество калийных удобрений. На варианте биокомпост на

культуре свеклы столовой получен КИУ калия более 100%, что говорит об увеличении потребления калия из почвенных запасов. В среднем по опыту, коэффициенты использования из удобрений (%) составили: для моркови N – 31, P_2O_5 – 34, K_2O – 67; для свеклы столовой N – 69, P_2O_5 – 35, K_2O – 82.

Таблица 23 – Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений столовыми корнеплодами (2021-2023 гг.)

Фон питания	Коэффициенты использования питательных веществ, %					
	из почвы			из удобрений		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	Морковь					
Без удобрений (контроль)	19	5	38	-	-	-
NPK	-	-	-	37	-	35
Биокомпост	-	-	-	21	26	46
Биокомпост + растит. диагностика	-	-	-	33	37	90
Биокомпост + почв. диагностика	-	-	-	33	38	95
В среднем по вариантам с удобрениями	**-**	**-**	**-**	**31**	**34**	**67**
	Свекла столовая					
Без удобрений (контроль)	42	6	55	-	-	-
NPK	-	-	-	76	45	50
Биокомпост	-	-	-	71	29	103
Биокомпост + растит. диагностика	-	-	-	64	32	94
Биокомпост + почв. диагностика	-	-	-	65	35	79
В среднем по вариантам с удобрениями	**-**	**-**	**-**	**69**	**35**	**82**

3.7Экономическая эффективность применения удобрений при выращивании столовых корнеплодов

Эффективность использования удобрений определяется ростом продуктивности, в сельском хозяйстве это увеличение урожайности, улучшение характеристик продукции и другие ключевые критерии, однако поддержание почвенного плодородия является обязательным условием.

Изучение эффективности от применения удобрений дает возможность рассчитать не только прибыль, но и найти пути совершенствования агроприёмов, связанных с их применением. Изучение фактической отдачи,

компенсации затрат и экономической эффективности помогает выявить резервы для её повышения в конкретных условиях работы сельского хозяйства.

Важным обобщающим показателем экономической эффективности служит уровень рентабельности разрабатываемого мероприятия. Эти показателем выражают окупаемость затрат, связанных с разработкой и внедрением того или иного мероприятия. Его рассчитывают путем деления суммы чистого дохода (прибыли) на производственные затраты. Уровень рентабельности выражают в процентах.

При расчёте затрат на изготовление и сбыт продукции применялись «Типовые технологические карты выращивания и сбора овощей в Московской области» (1986), руководства «Экономическая выгода от механизации сельскохозяйственного производства» (Шпилько, Драгайцев, 2001) и «Экономическая оценка результатов исследований» (Дудоров, 1989).

С целью определения целесообразности применения разработанных подходов для повышения эффективности использования минеральных и органических удобрений был выполнен экономический расчёт (табл. 24).

Согласно данным «Технологических карт», затраты на выращивание столовых корнеплодов состоят из нескольких частей: основная обработка почвы, подготовка к посеву, посев, капельный полив, уход за растениями, сбор и сортировка урожая. При этом учитываются нормы выработки за час; время, затраченное на выполнение всех работ в человеко-часах на гектар или тонну; оплата за выполнение работ (в рублях на гектар или тонну); отработанное горючее и электроэнергия; стоимость минеральных и органических удобрений; затраты на износ и текущий ремонт техники и оборудования.

Таблица 24 – Экономическая эффективность выращивания столовых корнеплодов (2021-2023 гг.)

Вариант	Урожайность стандартной продукции, т/га	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Затраты на выращивание, тыс. руб./га	Затраты на уборку и реализацию, тыс. руб/га	Всего затрат, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Морковь, сорт Лосиноостровская 13								
Контроль – б/у	44,7	670,5	185,0	134,1	319,1	7,14	351,4	110,1
$N_{105}K_{185}$	58,8	882,5	222,1	176,5	398,6	6,77	483,9	121,4
Биокомпост 3 т/га	48,7	731,0	213,8	146,2	360,0	7,39	371,0	103,1
Б/к + РД $N_{17}P_6K_2$	55,0	825,5	220,9	165,1	386,0	7,01	439,5	113,9
Б/к + ПД $N_{52}K_{14}$	60,4	906,5	227,4	181,3	408,7	6,76	497,8	121,8
Свекла столовая, сорт Мулатка								
Контроль – б/у	33,7	505,0	185,0	101,0	286,0	8,50	219,0	76,6
$N_{175}P_{75}K_{270}$	47,9	718,0	253,6	143,6	397,2	8,30	320,8	80,7
Биокомпост 6 т/га	41,9	629,0	242,6	125,8	368,4	8,79	260,6	70,7
Б/к + РД $N_{54}P_7K_{30}$	46,0	690,5	259,2	138,1	397,3	8,63	293,2	73,8
Б/к + ПД $N_{65}P_4K_{45}$	50,0	750,5	262,2	150,1	412,3	8,24	338,2	82,0

Расчеты экономической эффективности использования удобрений показали, что под их влиянием стоимость продукции моркови столовой, в среднем за три года, возрастала с 670,5 до 731,0-906,5 тыс. руб/га (табл. 24). Наибольшая стоимость продукции – 906,5 тыс. руб/га получена при использовании минеральных удобрений в подкормку на основании почвенной диагностики по фону биокомпоста. Суммарные затраты на выращивание и уборку дополнительной продукции составили 319,1-408,7 тыс. руб/га. Наибольшая величина условно чистого дохода – 483,9-497,8 тыс. руб/га, рентабельность – 121,4-121,8% и наименьшая себестоимость продукции получены при использовании на варианте с использованием минеральных удобрений и подкормки по почвенной диагностике.

При выращивании свеклы столовой использование удобрений способствовало росту стоимости стандартной продукции с 505,0 до 629,0-750,5 тыс. руб/га. При этом суммарные затраты составляли 286,0-412,3 тыс. руб/га. Наибольшая величина чистого дохода, как и при выращивании моркови, получена при использовании минеральных удобрений и подкормки на основании почвенной диагностики – 320,8-338,2 тыс руб/га, что на 101,8-119,2 тыс. руб/га выше, чем на контроле. Эти же варианты характеризуются наибольшей рентабельность – 80,7-82,0% и наименьшей себестоимостью продукции – 8,30-8,24 тыс. руб/т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На аллювиальной луговой почве Нечернозёмной зоны внесение биокомпоста в дозах 3 т/га под морковь и 6 т/га под свеклу уступает минеральному удобрению по обогащению пахотного слоя почвы нитратным азотом и подвижным калием в фазу начала образования корнеплодов.

По результатам почвенной диагностики внесение подкормки на фоне биокомпоста под морковь повышает содержание нитратного азота в 3 раза, под свеклу столовую в 6,5 раз. По результатам растительной диагностики нитратный азот под морковью увеличивается в 2 раза и под свеклой столовой в 7 раз.

2. Биометрические измерения показали, что минеральные удобрения и органические в сочетании с подкормками способствуют росту моркови и свеклы столовой. За три года исследований у моркови зафиксировано увеличение массы листового аппарата при применении минеральных удобрений до 27,8%, у свеклы столовой до 137,8%.

Максимальная средняя масса корнеплодов моркови была отмечена на фоне биокомпоста с подкормкой по почвенной диагностике и составила 158 г, или на 58,4% больше в сравнении с контрольным вариантом, у свеклы столовой с использованием полного минерального удобрения – 301 г, что на 32,6% больше, чем на контроле.

3. В 2021–2022 гг. урожайность моркови оставалась стабильной, а в 2023 г. снизилась на 4,8–5,9%. В среднем за три года урожайность составила 51,2–63,9 т/га, с выходом стандартной продукции 87,4–94,6%. Минимальные показатели (51,2–53,8 т/га) были получены на варианте без удобрений и при внесении биокомпоста. Применение минеральных удобрений увеличили урожайность на 10,4–14,1 т/га (22,4–31,5%). Подкормки на фоне биокомпоста увеличили урожайность на 5,3–11,7 т/га к общей и товарной урожайности. Наибольшая доля стандартной продукции (94,6%) достигнута при основном внесении минеральных удобрений и подкормке по почвенной диагностике.

4. В 2022 г. у свеклы столовой наблюдалась наименьшая урожайность: общая — 38,4–49,3 т/га, стандартная — 30,7–45,4 т/га, что на 7,5–23,6% ниже, чем в 2021 и 2023 гг. В среднем за три года полное минеральное удобрение обеспечило общую урожайность в размере 52,7 т/га и стандартную - 47,9 т/га, что на 26,3–42,1% выше контроля. Биокомпост увеличил стандартную продукции на 8,2 т/га (24,3%), а подкормки добавили 4,1–8,1 т/га (9,8–19,3%) к фону.

Использование удобрений повысило долю стандартной продукции с 80,7 до 89,2–92,3%, наибольший эффект достигнут при полном минеральном удобрении и подкормке по почвенной диагностике.

5. Применение биокомпоста повышало содержание сухого вещества на 3,4 и 5,3%, а сахаров на 1,8 и 15,4% соответственно для моркови и свеклы. При внесении расчетной дозы NPK в корнеплодах возрастало содержание витаминов, количество каротиноидов в моркови увеличилось на 27,9%, а количество бетанина в свекле столовой на 39,3%. Содержание нитратов в продукции не превышало ПДК.

6. Среднее потребление питательных веществ (кг) на создание 10 т урожая корнеплодов (с соответствующим количеством побочной продукции) составило для моркови N 15,9, P_2O_5 8,2, K_2O 29,2; для свеклы столовой N 41,9, P_2O_5 13,5, K_2O 53,3. Основное внесение минеральных (NPK) и органических (биокомпост) удобрений, а также корневые подкормки по диагностике питания существенно повышали потребление питательных веществ корнеплодами. Положительный баланс всех питательных веществ обеспечивала расчётная доза минеральных удобрений; биокомпост и подкормки по диагностике питания дали положительный баланс по азоту и фосфору.

7. Минеральные удобрения при основном внесении обеспечивали наименьшие потери при хранении: у моркови убыль массы составила 9,2%, потери от болезней — 6,0%; у свеклы — 6,1% и 11,0% соответственно. Органические удобрения увеличили поражение болезнями: у моркови —

8,4%, у свеклы — 8,3% (фузариоз, гнили). Подкормки на фоне органики улучшили сохранность корнеплодов по сравнению с контролем, но уступали основному внесению удобрений.

8. При выращивании столовых корнеплодов наилучшая рентабельность и наименьшая себестоимость продукции получены при использовании на варианте с использованием минеральных удобрений и подкормки по почвенной диагностике. Рентабельность у моркови составила 121,4-121,8%, а у свеклы столовой – 80,7-82,0%.

РЕКОМЕНДАЦИИ

При выращивании **моркови столовой** в условиях аллювиальных луговых почв Центрального Нечерноземья рекомендуется:

- для получения высоких урожаев использование органических удобрений в основное внесение с внесением подкормок минеральными удобрениями, рассчитанными по анализу почвы. В качестве органического удобрения применять биокомпост марки «БИУД» в дозе 3 т/га, доза подкормки - $N_{52}K_{14}$. При использовании разработанной системы применения удобрения можно достичь урожайности до 63,9 т/га;

- для составления расчетных норм минеральных удобрений на запланированный уровень урожайности, предлагается ориентироваться на показатели потребления питательных веществ (кг) на создание 10 т основной продукции (с учётом побочной): N – 24, P_2O_5 – 10, K_2O – 39.

При выращивании **свеклы столовой** в условиях аллювиальных луговых почв Центрального Нечерноземья рекомендуется:

- для получения высоких урожаев использование органических удобрений в основное внесение с внесением подкормок минеральными удобрениями, рассчитанными по анализу почвы. В качестве органического удобрения применять биокомпост марки «БИУД» в дозе 6 т/га, доза подкормки $N_{65}K_{45}$. При использовании разработанной системы применения удобрения можно достичь урожайности 54,2 т/га;

- для составления расчетных норм минеральных удобрений на запланированный уровень урожайности, предлагается ориентироваться на показатели потребления питательных веществ (кг) на создание 10 т основной продукции (с учётом побочной): N – 45, P_2O_5 – 19, K_2O – 66.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдукаримов А.Г., Турсынбаев Н.А., Калымбекова Г.Т. Диагностика питания растений // 2015. №3. С. 85 – 92.
2. Авдонин Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции: Сб. трудов ВАСХНИИ. - М., Колос, 1979. – 302 с., с. 12-65.
3. Анисимов А.А. Влияние азотных удобрений на накопление витамина С в растениях. // Ученые записки Горьковского государственного университета вып. 50, Горький, 1959. С. 29-42.
4. Алексеева А.М., Захарова Г.И. Эффективность доз азотно-фосфорно-калийных удобрений, вносимых под столовую свеклу. //Пути повышения продуктивности посевов лесных культур в ЦЧЗ. Воронеж. 1984. С.12-52
5. Алексашин В.И., Алпатьев А.В., Андреева Р.А. и др. Справочник по овощеводству / Сост. В.А. Брызгалов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л., Колос. Ленинградское отделение, 1982, - 511 с., с. 202-429.
6. Арефьев Н.Н. Экономическая эффективность применения удобрений под позднюю капусту в южной лесостепи Омской области / Садоводство, овощеводство, лесоводство. - Омск, 1972. - С. 62-66.
7. Афанасьев Р.А., Носиков В.В., Литвинский В.А., Ворончихина И.Н. Спектрометрическое обеспечение диагностики азотного питания растений и идентификации азота органических и минеральных удобрений // Плодородие. 2019. №4. С. 26 – 29.
8. Ахатов А.К. , Ганнибал Ф.Б., Мешков Ю.И. и др. Болезни и вредители овощных культур и картофеля. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013.
9. Айтасова К.А., Мухаметхалина А.Н. Влияние биогумуса на качество яровой пшеницей // Научный альманах. 2016. № 11 - 2 (25). С. 462 – 464. DOI: 10.17117/na.2016.11.02.462
10. Белик Б.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. Б. Ф. Белика. – М.: ВО Агропромиздат, 1992. – 319 с.

11. Беляков М.А., Столбова Т.М., Жаркова С.В. Применение удобрений под морковь столовую на выщелоченных чернозёмах западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. №4 (150). С. 16 – 19.
12. Беляков М.А. Применение удобрений под столовую свеклу на выщелоченных чернозёмах Западной Сибири // Картофель и овощи. — 2015. — № 3.
13. Беляков М.А., Столбова Т.М., Жаркова С.В. Рациональное применение внекорневых подкормок моркови микроэлементами в овощном севообороте Западной Сибири. // Вестник Алтайского ГАУ. — 2016. — № 4 (138). — С. 37-41.
14. Белкина Р.И., Масленко М.И. Роль удобрений и азотной подкормки в повышении качества зерна пшеницы М.И. Масленко // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2012. – № 2. – С. 35–38.
15. Бирюкова О. А., Ельников И. И., Крыщенко В. С. Оперативная диагностика питания растений / О. А. Бирюкова, И. И. Ельников В.С. Крыщенко. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. -168 с.
16. Бейбулатов М.Р., Тихомирова Н.А., Буйвал Р.А., Михайлов С.В., Матюха Р.А., Усовершенствование методов диагностики, разработка системы оптимизации питания растений и управления уровнями урожаев и качества продукции применительно к винограду // Виноградорство и виноделие. 2013. №4. С. 11 – 13.
17. Близнов, В. А. Регулирование продуктивности сахарной свеклы агрохимическими методами / В. А. Близнов, С. М. Надежкин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 6. – С. 30-31.
18. Болдырев Н.К., Комплексный метод листовой диагностики, условий питания, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / Н.К. Болдырев. - М., 1972. – 48 с.
19. Большунов В.А. Потапов А.В. Влияние доЗ и соотношений минеральных удобрений на биометрические показатели и урожайность моркови. // Совершенствование процессов и средств производства овощей и

картофеля. Л., 1981.- С.61-85.

20. Бондаренко А. Н., Костыренко О.В., Солодовников А.П., Даулетов М.А. Влияние подкормок ростостимулирующими препаратами и минеральным удобрением на продуктивность столовой свеклы в условиях орошения // Аграрный научный журнал. 2020. №3. С. 4 -10

21. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 392 с.

22. Борисов В.А., Ковылин В.М. Влияние длительного применения удобрений на урожай, качество и химический состав поздней капусты. // Агрохимия. -1971. - № 5. С. 35-40.

23. Борисов В.А., Ванеян С.С., Аветисян А.Т. Эффективность гидроподкормок // Картофель и овощи. 1988. № 3. - С. 27-28.

24. Борисов В.А., Новиков В.С., Юдин С.А., Борисова Л.М., Мотков С.Н. Действие удобрений при длительном их применении на продуктивность овощекормового севооборота и свойства аллювиальной луговой почвы. // Агрохимия 1989.Т. 110 с. 37-44.

25. Борисов В.А., Ванеян С.С., Егоров С.С., Ермаков Н.Ф. Пойменное овощеводство. М.: Росагропромиздат, 1991. 223 с.

26. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лежкость овощей. - М.: ВНИИО, 2003. - 625 с.

27. Борисов В.А., Петров Н.П., Новиков В.С. Эффективность рядкового внесения удобрений под столовые корнеплоды на пойменных почвах // Химия в сельском хозяйство. - 1974. - №10. - С. 24-26.

28. Борисов В.А., Фильрозе Н.А., Бебрис А.Р. Сортовая реакция растений свеклы столовой на применение возрастающих доз минеральных удобрений // Картофель и овощи. №1. 2024. С. 53-55.

29. Борисов В.А., Успенская О.Н., Коломиец А.А., Васючков И.Ю. Эффективность применения навоза, биокомпостов и сидератов под овощные культуры // Агрохимия. №2. 2023. С. 36-40.

30. Борисов В.А., Васючков И.Ю., Успенская О.Н. Комплексная оценка различных систем удобрения в экологическом овощеводстве открытого грунта // Агрохимия. №1. 2022. С. 32-38.

31. Борисов В.А., Бебрис А.Р., Коломиец А.А., Успенская О.Н., Янченко Е.В. Комплексное действие удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество овощных культур // Картофель и овощи. №8. 2022. С. 12-15.

32. Борисов В.А., Успенская О.Н., Васючков И.Ю. Урожайность и качество овощных культур при использовании минеральной, органической и органо-минеральной систем удобрения // Агрохимия. №12. 2021. С. 42-46.

33. Борисов В.А., Васючков И.Ю. Журбицкий З.Ю. - основоположник агрохимической науки в овощеводстве России // История науки и техники. №10. 2020. С. 132-135.

34. Борисова Л.М., Борисов В.А. Влияние длительного применения разных систем удобрения в овощекормовом севообороте на аллювиальной луговой почве. // Агрохимия. 1986. - № 3. - С. 3-7.

35. Борисов, В. А. Сортовые особенности выращивания и хранения столовой свеклы / В. А. Борисов, А. В. Романова, С. А. Масловский // Картофель и овощи. – 2006. – № 1. – С. 22-24. – EDN WCGQFN.

36. Биохимия: практикум: [учеб.-метод. пособие] / [Г. Г. Борисова, Н. В. Чукина, И. С. Киселева, М. Г. Малева ; под общ. ред. Г. Г. Борисовой] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 116 с.

37. Бирюкова О. А., Ельников И. И., Крыщенко В. С. Оперативная диагностика питания растений / О. А. Бирюкова, И. И. Ельников В.С. Крыщенко. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. -168 с.

38. Бунин М.С. Новые овощные культуры. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2003.

39. Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Проблема качества корнеплодов свеклы столовой и пути ее решения // Овощи России. 2016. № 3 (32). С. 24-31.

40. Ванеян С.С., Соснов В.С., Меньших А.М. Оптимальные режимы орошения моркови //бКартофель и овощи, 2006; №4. - С. 17-18

41. Ванеян С.С., Меньших А.М., Енгалычев Д.И. Многолетние исследования разных способов полива и режимов орошения овощных культур // Мелиорация и водное хозяйство, №2, 2012. с. 21-24

42. Васильев А.С., Фаринюк Ю.Т. Патент № 2694867 С1 Российская Федерация, МПК A01C 1/00. Способ повышения урожайности овощных культур: № 2018146877 : заявл. 26.12.2018: опубл. 17.07.2019 / А. С. Васильев, Ю. Т. Фаринюк; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тверская государственная сельскохозяйственная академия" (ФГБОУ ВО "Тверская государственная сельскохозяйственная академия").

43. Васючков И.Ю. Изменение плодородия аллювиальной луговой почвы при применении минеральных удобрений в овощекормовом севообороте. / Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – М., 2010. – 23 с.

44. Васючков И.Ю., Борисов В.А., Успенская О.Н. Изменение плодородия аллювиальной луговой почвы при разных системах удобрения в овощном севообороте // Агрохимия. №5. 2023. С. 13-19.

45. Вендило Г.Г., Миканаев Т.А., Петриченко В.Н., Скаржинский А.А. Удобрение овощных культур. М.: Агропромиздат, 1986. – 286 с.

46. Вендило Г.Г., Брагина В.А. Влияние многолетнего применения форм азотного и калийного удобрений на урожай и качество столовой свеклы // Химия в сельском хозяйстве, 1978, №3, С.28-29.

47. Гамзиков Г.П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборотах // Плодородие. 2018. №1. С. 8 – 14.

48. Ганжара Н.Ф. Гумус, свойства почвы и урожай // Почвоведение. 1998. №7. С. 812-819.

49. Галеев Н.А. Индустриальная технология выращивания моркови: Рекомендации. - Уфа, 1982, 37 с.

50. Гаплаев, М. Ш. Влияние удобрений и орошения на урожайность и качество корнеплодов свеклы столовой / М. Ш. Гаплаев, В. Ф. Пивоваров, С. М. Надежкин // Овощи России. – 2014. – № 1(22). – С. 80-85.

51. Гаплаев, М. Ш. Эффективность удобрений и разных норм полива при выращивании свеклы столовой (Beta vulgaris L.) / М. Ш. Гаплаев, В. Ф. Пивоваров, С. М. Надежкин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 4. – С. 28-33.

52. Гаплаев, М. Ш. Повышение эффективности выращивания свеклы столовой (Beta vulgaris L.) за счет использования удобрений / М. Ш. Гаплаев, С. М. Надежкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1(29). – С. 36-40.

53. Гладких В.И., Сирота С.М. Агротехника овощных культур. Барнаул: изд. Алтайского университета, 2002. – 106 с.

54. Гончаренко В.Е. Ходеева Л.П. Ткач Л.А. Влияние удобрений на продуктивность овощного севооборота и свойства почвы во второй ротации // Результ. исслед-й в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. М.: 1981. Вып 10. С.80-83.

55. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 632 с.

56. Гринберг Е.Г., Романцова А.А., Машьянова Г.К. Свекла, морковь, редис. - Новосибирск, 1977. – 80 с.

57. Девочкин Л.А. Влияние минерального питания в условиях поймы на урожай, качество и лежкость капусты. / Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. - М., 1967. – 12 с

58. Дёмин В.А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте (учебное пособие). – М. – 1981. – 91 с.

59. Демина Л.А., Мармулев А.Н. Применение удобрений на торфяной основе под столовые корнеплоды в Новосибирском приобье // Вестник НГАУ. 2013. №2(27). С. 12 – 18.

60. Державин Л.М. Передовой опыт применения минеральных удобрений / Л. М. Державин, Е. Н. Ефремов, Ш. И. Литвак. - Москва : Россельхозиздат, 1980. - 64 с.: диагр.

61. Державин Л.М., Попова Р.Н., Дегтярева Н.И. и др. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами.- М.: МСХА, 1991, 66 с.

62. Державин Л.М. Применение удобрений в интенсивном земледелии. М.: Агропромиздат, 1992. – 271 с.

63. Державин Л.М., Литвак Ш.И., Седова Е.В. Современные методы определения доз минеральных удобрений (обзорная информация).- М.: ВНИИТЭИагропром, 1988 -44 с.

64. Державин Л.М. Научно-методологические основы проектирования применения удобрений в ресурсосберегающих технологиях // Плодородие. 2011. - №3. – С. 19-22.

65. Джабоева А.С., Туменова А.Х., Хатохов Д.М. Биохимическая характеристика ботвы столовой свеклы, оценка ее безопасности и возможности использования в производстве продуктов профилактического назначения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2020. № 1 (27). С. 38-43.

66. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра русской равнины. М.: Изд. МГУ, 1968. - 290 с.

67. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/Б.А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

68. Дудоров И.Т., Коржиков А.Е. Использование энергетических нормативов для экономической оценки технологий производства овощей в открытом грунте // Методические рекомендации / М, 1989. 26с.

69. Духовская Т.М. Влияние глубины вспашки и доз удобрений на урожайность и качество моркови. // Овощеводство и бахчеводство. – Киев. Урожай, - 1989. Вып 34. С. 19-21.

70. Дьяченко В.С. Влияние биологических особенностей моркови на ее хранение при активном вентилировании // Хранение и транспортировка картофеля и овощей. М.: Колос, 1972, - 205 С.

71. Жидков В.М., Хрипченко А.В. Влияние обработки почвы и внесения гербицидов на урожайность столовой свеклы при капельном орошении // Аграрная наука. –2014. – № 12. – С. 18–20.

72. Зармастов Б., Ганзеловская А. Экологически безопасный способ предпосевной обработки семян моркови // Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума. Кемерово. 2015. С. 22.

73. Еремин Д.И. Динамика подвижного фосфора пахотного чернозема при длительном использовании органоминеральной системы удобрения в лесостепной зоне Зауралья // Плодородие. – 2015. – № 4(85). – С. 13–16.

74. Еремин Д.И., Кибук Ю.П., Ахметова А.С. К вопросу о тканевой диагностике питания зерновых культур в системе точного земледелия // Вестник КрасГАУ. 2 0 17. № 9. С. 14 – 22.

75. Ермохин Ю.И. Химическая диагностика потребности картофеля и овощных культур в удобрениях: Учеб, пособие. - Омск: ОмСХИ, 1975. -63 с.

76. Ермохин Ю.И. Анализ листьев и применение удобрений в овощеводстве: Учеб. Пособие. — Омск: ОмСХИ, 1977. - 59 с.

77. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях: Лекция/Омск: ОмСХИ, 1986. -32 с.

78. Ермохин Ю.И. Почвенная диагностика обеспеченности растений макро- и микроэлементами на черноземах Сибири: Учеб. Пособие. - Омск: ОмСХИ, 1987. -60 с.

79. Ермохин Ю.И., Бобренка И.А. Научное наследие академика Д. Н. Прянишникова и развитие агрохимической школы в Омском государственном аграрном университете (к 100-летию Омского ГАУ) // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ. - 2017. -№1 (8) январь - март. - URL http://ejournal.omgau.ru/index.php/2017/1/35-statya-2017-1/753-00280. - ISSN 2413-4066

80. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А. Комплексная диагностика минерального питания растений сорговых культур // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2017. -№3 (10).

81. Ермохин Ю. И., Бобренко И. А., Бобренко Е. Г. Исторические аспекты развития метода комплексной диагностики питания сельскохозяйственных культур // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2017. -№2 (9).

82. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А., Лихоманова Л.М., Трубина Н.К., Бобренко Е.Г. Почвенная диагностика минерального питания растений овощных культур и картофеля // Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири: материалы II Национальной научно-практической конференции посвященной 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А.Д. Кизюрина. 2016. С. 39 – 47.

83. Ермохин Ю.И. Диагностика потребности озимой пшеницы в удобрениях на основе химического анализа растений // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2018. -№1 (12) январь - март. – URL http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2018/1/00494.pdf. - ISSN 2413-4066

84. Ермохин Ю.И. Система «ПРОД-ОмГАУ» как метод диагностики и оптимизации минерального питания растений и эффективности применения удобрений в Западной Сибири // агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы: сборник материалов Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, посвященной 100-летнему юбилею со дня образования учебной лаборатории агрометеорологии. 2016. С. 162 – 167.

85. Ермохин Ю.И., Диагностика питания растений: учеб. пособие / Ю.И. Ермохин, М.А. Склярова. – М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Ом. гос. аграр. ун-т. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2015. – 116 с.: ил.

86. Ермохин Ю.И., Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений. В 4 т. / Ю.И. Ермохин – Омск: ЛИТЕРА, 2014.

87. Еськов А.И., Новиков М.Н., Лукин С.М. и др. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. РАСХН, 2001. - 496 с.
88. Журбицкий З.И. Потребность растений в питании как основа применения удобрений. - М.: Изд-во АН СССР, 1958. - 64 с.
89. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. -М.: Изд-во АН СССР, 1963. - 294 с.
90. Журбицкий З.И. О перспективах применения листовой диагностики. / Сб. Диагностика потребности растений в удобрениях. (Анализ растений и проблемы удобрений). М., «Колос», 1970, С. 31-35.
91. Заводиленко А.А. Влияние минеральных удобрений на биохимический состав корнеплодов моркови. Вопросы промышленных технологий возделывания овощных культур в открытом и закрытом грунте. - 1986. С. 58-61.
92. Зинкевич А.С. Диагностика потребности овощных культур в азоте и содержание нитратов в урожае. // Агрохимия, №5, 1978, С. 122-127.
93. Канунников С.В., Шевчук Н.И. Листовая диагностика и урожайность яровой пшеницы в зависимости от применения регуляторов роста // Наука и инновации: векторы развития: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. Сборник научных статей. В 2-х книгах. Том книга 1. - 2018. - с. 15 – 17.
94. Кенуорти, А. Истолкование состава листьев плодовых деревьев / А. Кенуорти / Анализ растений и проблема удобрения. – М., 1964. – С. 53-69.
95. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Ромодина Л.В. – Агрохимические методы исследований М:. Изд – во РГАУ – МСХА, 2015 – 309 с.
96. Коломейченко В.В. Растениеводство/Учебник. — М.: Агробизнесцентр, 2007. — 600 с. ISBN 978-5-902792-11-6.
97. Колтунов В.А. Колтунова Р.Г. Урожайность и устойчивость моркови к болезням при хранении в зависимости от удобрений // защита растений. Киев, 1985..- Вып. 32. - С. 37-40.

98. Колтунов В.А., Яковлев И.П. Влияние типа почв и некоторых агротехнических приемов на урожай, качество и сохраняемость корнеплодов // Науч. основы хранения и переработки плодоовощной продукции и картофеля. М.: 1987. - С. 86-90.

99. Колтунов В.А. Чепурной А.И. Резервы снижения потерь овощей. Киев: Урожай. - 1989. – 264 с.

100. Кидин В. В. История агрохимии. учебное пособие / В. В. Кидин. — М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. — 270 с.

101. Кидин В.В. Основы питания растений и применение удобрений. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008. - 415 с.

102. Кирюшин В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования / В. И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. — 2016. — Т. 30, № 3. — С. 19–25.

103. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. - 367 с.

104. Кизяев Б. М., Бородычев В. В., Мартынова А. А. Современная агротехника возделывания столовой моркови в условиях Волгоградской области // Овощи России. 2020. № 3. С. 51-56.

105. Ковда В.А. Процессы почвообразования в дельтах и поймах рек континентальных областей // Проблемы советского почвоведения. 1946. № 14.-С. 101.

106. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. – Т.2. - С.48-61.

107. Круг Г. Овощеводство. Пер. с нем. В.И.Леунова. М.: Колос, 2000. – 576 с.

108. Кораблева Л.И.. Симакова М.С. Почты Московской области и повышение их плодородия. - М., Московский рабочий, 1974. 662 С.

109. Красочкин В.Т., Сечкарев Б.И. и др. Столовые корнеплоды. М., Сельхозиздат, 1955. - 103 с

110. Кук Дж. Регулирование плодородия почвы. -М.: Колос, 1970. - 520 с.

111. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Курбанова Л. Г. Особенности роста и развития моркови при различных сроках посева в условиях равнинного Дагестана // Овощи России. 2017. № 1 (34). С. 55-58.
112. Кургузова К.С., Зайко Г.М., Мищенко Е.А. Биометрическая и биохимическая характеристики столовой свеклы как сырья для производства продуктов функционального назначения // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. №1. С 12-14.
113. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: РАСХН – ВНИИО, 2011. – 650 с.
114. Литвинов С.С. Проблемы экологизации овощеводства России. — М.: Россельхозакадемия, 1998. — 364 с.
115. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. РАСХН - ВНИИО, 2008. – 776 с.
116. Литвинов С.С., Ванеян С.С., Меньших А.М. Влияние интенсивного овощного севооборота на Изменение плодородия и продуктивности аллювиальных луговых почв и качество овощной продукции // Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции (Сборник научных трудов, выпуск 1) – М.: ФГБНУ ВНИИО, 2014-с. 313.
117. Лудилов В.С., Иванова М.И. Азбука овощеводства. М.: Дрофа плюс, 2004. - 248 с.
118. Лихоманова Л.М. Диагностика минерального питания, эффективность применения удобрений и качество корнеплодов столовой свеклы. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. 06.01.04. Омск:, 1996. – 16 с.
119. Магницкий К.П. Контроль питания полевых и овощных культур. М., «Московский рабочий», 1964, 303 с.
120. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях. М., «Московский рабочий», 1972, 272 с.
121. Максимов Д.А., Валкама Е., Минин В.Б., Ранта-Корхонен Т., Захаров А.М. Подходы к освоению органического земледелия // АгроЭкоИнженерия.

2020. № 4 (105). С. 101-113. https://doi.org/10.24411/0131- 5226-2020-10270
122. Малюкова Л.С. Методические рекомендации по комплексной почвенно-растительной диагностике минерального питания культуры чая в условиях субтропиков России / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова. – Сочи: ГНУ ВНИИЦиСК, 2010. – 37 с.
123. Минеев, В. Г. Агрохимия и биосфера / В. Г. Минеев. — М.: Колос, 1984. — 245 с.
124. Минич И.Б. Биологические основы сельского хозяйства: учебное пособие. – ГОУ ВПО Томский государственный педагогический университет. – Томск: Изд-во Томского государственного педагогического университета, 2009. – 368 с.
125. Масловский С.А. Урожайность, качество и сохраняемость столовых корнеплодов при различных системах удобрения в овощекормовом севообороте на аллювиальных луговых почвах: автореферат дис. кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.06, 05.18.01 / ВНИИ овощеводства. - Москва, 2001. - 22 с.
126. Меньших, А. М. Продуктивность и лежкость свеклы столовой / А. М. Меньших, В. А. Борисов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 42-45. – DOI 10.35809/2618-8279-2019-3-11. – EDN RIOMGT.
127. Мудреченко С.Л., Масловский С.А., Карпова Н.А. и др. Влияние обработки защитными препаратами на сохраняемость продовольственного картофеля // Картофель и овощи. 2022. №3. С. 19-22. DOI 10.25630/PAV.2022.60.20.003.
128. Муравин, Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин, В.И. Титова - М.: КолосС, 2009. - 463с.
129. Мурри И.К. Биохимия культурных растений. М.: - Л.: т8 - 1948-710 с.
130. Мязин Н.Г., Брехов П.Т. Почвенная и листовая диагностика в оптимизации показателей плодородия почвы (теоретические аспекты) // Современные научно-практические основы агротехнологий в сельскохозяйственном производстве: материалы международной научно-

практической конференции. 2019. С. 74 – 79.

131. Назарюк В.М., Калимуллина Ф.Р. Особенности диагностики минерального питания растений в зерновом севообороте при использовании минеральных удобрений и растительных остатков // Агрохимия. 2017. № 10. С. 37 - 48 DOI: 10.7868/S0002188117100052

132. Наумов, В.Д. География почв: учебник / В.Д. Наумов. - М.: КолосС, 2008. – 288 с.

133. Нелюбова Г.Л.. Церлинг В.В. Растительная диагностика корневого питания сельскохозяйственных культур / Учебники и учебные пособия.- М., ТСХА, 1979, -60 с.

134. Ненайденко Г.Н. Продовольственная независимость региона и потребность в удобрениях. Иваново: Пресс Сто, 2004. - 428с.

135. Ненайденко Г.Н., Якимов О.В. Органические удобрения как один из факторов продовольственного импортозамещения. Иваново: Пресс Сто, 2015. - 230 с.

136. Новиков В.С. Эффективность примения минеральныъх удобрений под столовую свеклу на пойменных почвах Московской области. / Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Л.: Пушкин, 1978. – 16 с.

137. Новиков Н.Н. Биохимия растений / Н.Н. Новиков. – М.: Изд-во Ленанд, 2024. – 680 с.

138. Новиков Н.Н., Жарихина А.А., Соловьев Н.Е. Диагностика азотного питания и прогнозирование качества зерна злаковых культур по концентрации аминокислот в соке листьев // Известия ТСХА. 2021. Выпуск 1. С. 29-41.

139. Новиков Н.Н. Биохимические основы формирования качества продукции растениеводства / Н.Н. Новиков. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 194 с.

140. Новиков Н.Н. Новый метод диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна пшеницы / Н.Н. Новиков // Известия ТСХА. – 2017. – Вып. 5. – С. 29–40.

141. Никляев В.С. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. // под ред. В.С. Никляева. — М.: «Былина», 2000. — 555 с.

142. Никитин В.В. Методические основы диагностики азотного режима чернозема типичного в зерносвекловичном севообороте // Агрохимия. 2013. № 2. С. 15–21.

143. Овощеводство Западной Сибири/ Ю.К. Тулупов, Е.Г. Гринберг. С.С. Литвинов и др. - М., Колос, 1981. – 255 с., с. 90-160.

144. Овчаренко М. М. Агрохимия и плодородие / М. М. Овчаренко // The Chemical Journal. — 2014, нояб. — С. 22–25.

145. Палилов Н.А. Хранение овощей. // Новое в овощеводстве. М.: Колос, 1972, с. 246-266.

146. Пахненко Е.П., Вацадзе Н.С., Глазунова С.А., Караваев В.А., Байков А.А., Солнцев М.К. Ранняя диагностика физиологического состояния растений люминесцентными методами при разных условиях питания // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2012. №2. С. 8 – 13.

147. Переднев В.П.. Степуро М.Ф. Влияние удобрений и орошения на урожай и качество столовой свеклы на дерново-подзолистой почве //Повышение урожайности и улучшение качества овощей в Белорусской ССР. Минск, 1982. С. 3-7.

148. Петров Н. Ю., Калмыкова Е. В., Аксенов М. П., Зволинский С. В. Влияние агротехнических приемов на структуру урожая столовой моркови в Волго-Донском междуречье. Известия НВ АУК. 2022. 1(65). 71-78. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-06.

149. Пэлий А.Ф., Носов В.В., Стеркин М.В., Дубровских Л.Н., Надежкин С.М. Применение современных минеральных удобрений ФосАгро на моркови в условиях открытого грунта НЗ / А. Ф. Пэлий, В. В. Носов, М. В. Стеркин [и др.] // Картофель и овощи. – 2021. – № 4. – С. 14-16. – DOI 10.25630/PAV.2021.71.99.001.

150. Пэлий А.Ф., Носов В.В., Стеркин М.В., Надежкин С.М. Применение

современных минеральных удобрений ФосАгро на свекле столовой в открытом грунте Нечерноземной зоны РФ / А. Ф. Пэлий, В. В. Носов, М. В. Стеркин, С. М. Надежкин // Картофель и овощи. – 2021. – № 6. – С. 23-25. – DOI 10.25630/PAV.2021.68.36.005.

151. Пивоваров, В. Ф. Основные пути Совершенствования систем удобрения в овощеводстве / В. Ф. Пивоваров, С. М. Надежкин // Плодородие. – 2016. – № 5(92). – С. 16-18.

152. Попов А.В. Удобрение овощных культур. - Л., Лениздат, 1975.- 82 с., с. 38-39.

153. Прево П. Закон минимума и сбалансированное минеральное питание / П. Прево, М. Олланье // Анализ растений и проблемы удобрения. - М.: Колос, 1964. – С. 247-270.

154. Продуктивность свеклы столовой при внесении гуминовых препаратов и хелатных удобрений на орошаемых каштановых почвах Саратовского Заволжья / В.В. Корсаков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 25–29.

155. Производство моркови столовой в России / М. В. Шатилов, А. Ф. Разин, О. А. Разин, М. И. Иванова // Аграрная Россия. 2020. № 1. С. 21-30

156. Пэлий А. Ф. Применение современных минеральных удобрений ФосАгро на моркови в условиях открытого грунта // Картофель и овощи. 2021. № 4. С. 14.

157. Ракутько С.А., Мишанов А.П., Ракутько Е.Н., Маркова А.Е. Биоиндикационная оценка состояния агроэкосистемы при выращивании столовой свеклы (BETA VULGARIS L.) // АгроЭкоИнженерия. 2022. № 3(112). С.4-24

158. Рубина Б.А. Курс физиологии растений / Учебники и учебные пособия. 3-е изд., перераб. и доп. - М., Высшая школа, 1971.-546 с.

159. Рындина Т. Эффективность применения минеральных удобрений на пойме. //Картофель и овощи, - 1971. - №3. – С. 31-32.

160. Сазонова Л.В., Власова Э.А., Корнеплодные растения (морковь,

сельдерей, петрушка, пастернак, редис, репа). – Л: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990 - 296 с.

161. Седунина, Т. А. Влияние биологически активных препаратов на формирование урожайности корнеплодов моркови столовой (daucus carota l.) в условиях Костромской области / Т. А. Седунина, М. В. Смирнова, Т. П. Бруснигина // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Том Выпуск 86. – Кострома : Костромская ГСХА, 2017. – С. 18-28.

162. Солдатенко А.В., Борисов В.А. Экологическое овощеводство. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2022. 504 с.

163. Стариков А.Г. Влияние удобрений и типа почв на формирование корнеплода моркови // Вестн. с.-х. науки. - 1973.- №1. С.38-41.

164. Станков Н.З. К проблеме повышения эффективности высоких доз минеральных удобрений // Химия в сельском хозяйстве. - М., 1978, - №1. - С. 11-12.

165. Сирота С.М., Беляков М.А. Влияние длительного систематического применения удобрений на урожайность и качество овощных культур // Агрохимия. - 2001. - № 7. - С. 29-32.

166. Степуро М.Ф. Удобрение и орошение овощных культур. Минск, 2008.- 142 с.

167. Степуро М.Ф., Бобылева В.М. Действие и последействие органических удобрений на урожайность и качество овощных культур. //Прогрессивные приемы агротехники овощных и плодовых культур. Горки: ВСХА, 1985.- С. 21-24.

168. Тараканов Г.И., Мухин В.Д., Шуин К.А. и др. Овощеводство / Под ред. Г. И. Тараканова и В. Д. Мухина. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: КолосС, 2003. - 472 с.

169. Терешонок В.И., Надежкин С.М., Калинин А.Н. и др. Влияние особенностей выращивания на урожайность и качество корнеплодов моркови столовой // Овощи России. – 2009. – № 4(6). – С. 81-83.

170. Толотоусов В.П. Удобрение и качество урожая. М.: Колос. 1974.-261 с.

171. Тютюнов С.И., Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Карабутов А.П. диагностические основы оптимизации минерального питания культур зерносвекловичного севооборота на черноземе типичном // Агрохимия. 2019. № 8. С. 77–82.

172. Удобрение овощных культур: Справочное руководство / Вендило Г.Г., Миканаев Т.А., Петриченко В.Н.. Старжинский А.А.- М.: Агропромиздат, 1986. 206 С., С. 3-81.

173. Фомин Б.Л. Удобрение овощных культур при выращивании на семена // Удобрение овощных культур в открытом грунте. - М., Труды НИИОХ, 1978. - Т. 10. 292 с., с. 175-188.

174. Фотеенкова З.Д. Влияние площадей питания на урожайность различных сортов моркови для промышленной технологии. //Эффективность технологических приемов при возделывании овощей и грибов шампиньонов. Кишинев: Кишиневский СХИ, 1984. С. 15-19.

175. Хомич Н.Д. Эффективность минеральных удобрений, внесенных под столовую свеклу на выщелоченных черноземах левобережной Лесостепи Украины. Автореф дисс. канд. с.-х. наук. 06.01.04. Харьков., УкрНИИОиВ., - 1972.- 15 с.

176. Хохряков М.К., Потлайчук В.И. и др. Определитель болезней сельскохозяйственных культур. – Л.: Колос, 1984

177. Церлинг В.В. Обмен веществ, формирование урожая и диагностика потребности растений в удобрениях: Дис... д-ра биол. наук. - М., 1962.

178. Церлинг В.В. В сб. «Агрохимические методы исследования почв», 4-е издание, «Наука», М., 1965.

179. Церлинг В.В. Итоги и дальнейшие исследования по растительной диагностике. / Сб. Диагностика потребности растений в удобрениях. (Анализ растений и проблемы удобрений). М., «Колос», 1970, С. 11-21.

180. Церлинг В.В. Дальнейшие пути развития почвенно-растительной диагностики. //Тезисы докладов XII Всесоюзного координационного научно-методического совещания «Совершенствование системы диагностики

питания сельскохозяйственных растений», М., 1985, С. 3-4.

181. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник – М.: Агропромиздат, 1990 – 235 с.

182. Церлинг В.В., Панков Ю.И., Ермохин Г.Г., Вендило Г.Г., Борисов В.А. Методические указания по растительной диагностики минерального питания овощных культур открытого грунта. – М.: МСХ СССР, 1983. – 58 с.

183. Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция. М.: Колосс, 2009. - 438 с.

184. Черепухина И.В., Безлер Н.В., Чистотин М.В., Хатунцева Ю.Ю. Зависимость содержания доступных форм азота в почве от скорости разложения соломы зерновых культур. Плодородие. №5. 2019. С. 37-41 DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.12

185. Шафран С.А. Развитие исследований по диагностике минерального питания растений (обзор публикаций в журнале “агрохимия” за 50 лет) // Агрохимия. 2014. № 3. С. 3 – 11.

186. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.

187. Шиляева Е.А. Эффективность биогумуса при выращивании овощных культур в защищенном грунте Кировской области. М., 2004.-26 с

188. Широков Е.П. Перераспределение веществ в кочане капусты при хранении // Доклады ТСХА,-вып 77.-1962, - с.465-469.

189. Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: утв. МСХ и П РФ 23.07.1997. В 2 ч. Ч I. Методика / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов и др. ; МСХ и П РФ и ВНИЭСХ. М., 1998.

190. Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции (Сборник научных трудов, выпуск 1) – М.: ФГБНУ ВНИИО, 2014 — 544 с

191. Юсуфов А.Г., Магомедова М.А. История и методология биологии. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2003. – 238 с

192. Ярван М.Э. Ранние подкормки - залог качества продукции // Картофель и овощи. - М., 1980, - №7. - С. 23-25.

193. Amorim D.S., Amorim I.S., Chisté R.C., Filho J.T., Fernandes F.A.N., Godoy H.T. Effects of cold plasma on chlorophylls, carotenoids, anthocyanins, and betalains, Food Research International, Volume 167, 2023, 112593, ISSN 0963-9969, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112593

194. Anon. Soil testing and leaf analysis for optimizing fertilizers use in field crops in Egypt. (10 th International colloquium for the optimization, Actes Proceedings). 1984. 1: 173-180.

195. Altland J. Plant Nutrition Diagnosis [Электронный ресурс] URL: https://pnwhandbooks.org/plantdisease/pathogen-articles/nonpathogenic-phenomena/plant-nutrition-diagnosis Дата обращения: 19.08.22.

196. Armel L. et al. Urban effects on the adoption of soil conservation practices in urban and peri-urban vegetable production of Yaoundé, Cameroon, Scientific African, Volume 26, 2024, https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02342

197. Atanas Pavlov, Vasil Georgiev, Mladenka Ilieva. Betalain biosynthesis by red beet (Beta vulgaris L.) hairy root culture. Process Biochemistry 40 (2005) 1531–1533 DOI:10.1016/j.procbio.2004.01.001

198. Bergmann W. Ernährungsstörungen bei Kulturpflsnzen. – Stutgart.: Gustav Fischer. – 1983.

199. Bangar S.P., Sharma N., Sanwal N., Lorenzo J.M., Sahu J.K. Bioactive potential of beetroot (Beta vulgaris). Food Research International, Volume 158, 2022. doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111556

200. Carvalho D. F. Carrot yield and water-use efficiency under different mulching, organic fertilization and irrigation levels // Renista Brasileira De Engenharia Agricola E Ambiental. 2018. V. 22. № 7. P. 445-450.

201. Carvalho D. F. Yield, water use efficiency, and yield reponce factor in carrot crop under different irrigation depths // Ciencia Rual. 2016. V. 46. № 7. P. 1145-1150.

202. Cordier T., Alonso-Saez L., Apotheloz-Perret-Gentil L. et al. Ecosystems

monitoring powered by environmental genomics: a review of current strategies with an implementation roadmap. Mol Ecol, 2020. Vol. 30 (13), pp. 2937-2958. https://doi.org /10.1111/mec.15472

203. Chevalier W., Moussa S., Ottoni M.M.N., Dubois-Laurent C., Huet S., Aubert C., Desnoues E., Navez B., Cottet V., Chalot G. et al, Evaluation of pedoclimatic factors and cultural practices effects on carotenoid and sugar content in carrot root, European Journal of Agronomy, Volume 140, 2022, https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126577.

204. Emmert E.M., The correlation of soluble nitrogen and phosphate phosphorus in the conducting tissue of potatoes at various stages of growth, with yield. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 33, 589-594, 1935.

205. Gashash E.A., Ashmawi A.E., ElTaher A.M., Omar M.A., Osman N.A., Taha N.M., Elkelish Amr. Effect of fertilizing with different levels of phosphorous and zinc on the botanical characteristics of table beet (Beta vulgaris L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2022. Vol. 50(1), 12579 https://doi.org/10.15835/nbha50112579

206. Getz H.P., Sucrose accumulation and synthesis in sugar beet, Editor(s): Anil Kumar Gupta, Narinder Kaur, Developments in Crop Science, Elsevier, Volume 26, 2000, Pages 55-77, ISSN 0378-519X, ISBN 9780444502698, https://doi.org/10.1016/S0378-519X(00)80004-5

207. Kadam V.D., Shinde S.J., Syed S.J. Effect of different spacing and fertilizer levels on growth parameter and quality parameters of beetroot (Beta vulgaris L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7(5), pp. 2845- 2848

208. Kushwaha S. B., Nagesh C.R., Lele S. S., Viswanathan C., G. Rama Prashat, Goswami S., Ranjan Kumar R., Kunchge N., Gokhale J. S., Vinutha T. CRISPR/Cas technology in vegetable crops for improving biotic, abiotic stress and quality traits: Challenges and opportunities, Scientia Horticulturae, Volume 341, 2025, 113957, ISSN 0304-4238, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.113957

209. Lagatu H., Maume L., Diagnostic de l'alimentation d'un vegetal par revolution chimique d'une feuille convenablement choisie. Comp. Rend. Ac. Sc.

Paris, 182, 653-655, 1926.
210. Lundegardh H., Leaf analysis. (English translation by Mitchell). Published by Hilger and Watts Limited, London, 1951.
211. Longwe B. B. Accounting for Irrigation Water Savings and Returns in Carrot (Daucus carota L.) Grown under Different Drip Irrigation Levels // Indian Journal of Economics and Developmtnt. 2016. V. 12. № 4. P. 819-822.
212. Maatallah S. et al. Yield and biochemical fruit quality of irrigated peach cultivars subjected to conventional farmer's fertilization practices in warm production area, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 129, 2024, doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106121
213. Marco E. Mng'ong'o, Selly D. Msungu, Golden harvest: Nitrogen's impact on maize carotenoids, Food and Humanity, Volume 3, 2024, https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100371.
214. Mitchell K., Duccer W. and Couch M. Increased tarans location of plant growth modifyi noj substances due to application of boron // Science. 1953. - V.118, №30 65. - p.142-151.
215. Moulick S.P., Jahan F., Md. Badrul I., M. Al Bashera, Md. Sabbir H., Md. Jahidul I., Ahmed S., Karmakar D., Ahmed F., Saha T., Dey S. S., Boby F., Saha M., Saha B. K., Md Nurul H. B. Nutritional characteristics and antiradical activity of turmeric (Curcuma longa L.), beetroot (Beta vulgaris L.), and carrot (Daucus carota L.) grown in Bangladesh, Heliyon, Volume 9, Issue 11, 2023, e21495, ISSN 2405-8440, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21495
216. Nookaraju A., Upadhyaya C.P., Pandey S.K., Young K.E., Hong S.J., Park S.K., Park S.W. Molecular approaches for enhancing sweetness in fruits and vegetables. Scientia Horticulturae, Volume 127, Issue 1, 2010, Pages 1-15, ISSN 0304-4238, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.014
217. Tenelli S., Otto R., Bordonal R.O., Nunes Carvalho J.L. How do nitrogen fertilization and cover crop influence soil C-N stocks and subsequent yields of sugarcane? // Soil and Tillage Research, Volume 211, 2021
218. Thoumazeau A., Mettauer R., Junedi H., Baron V., Chéron-Bessou C.,

Ollivier J. Effects of fertilization practices and understory on soil health and oil palm performances in smallholdings: An Indonesian case study. // Agricultural Systems, Volume 213, 2024

219. Thomas W., Soil Sci., 59, 353, 1945.

220. Hochmuth G., Maynard D., Vavrina C., Hanlon E., and Simonne E. Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. Nutrient Management of Vegetable and Row Crops Handbook. – 2012. – p. 45-92.

221. Haumont J., Diels J., Schrevens E., Cool S., Lootens P., Saeys W. Assessment of fertilization strategies and policy measures for vegetables by simulation of a long-term cauliflower leek rotation. // European Journal of Agronomy, Volume 149, 2023

222. Handbook of plant nutrition / Allen V. Barker, David J. Pilbeam. p. cm. -- (Books in soils, plants, and the environment ; v. 117) ISBN 0-8247-5904-4, 2006

223. Jie L. et al. Effect of potassium fertilization during fruit development on tomato quality, potassium uptake, water and potassium use efficiency under deficit irrigation regime. Agricultural Water Management, Volume 250, 2021, doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106831

224. Pandita D., Reddy R., Nayik G.A., Pandita A. Beetroot. In: Nayik G.A., Gull A. (eds.) Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits. Springer Singapore, 2020, pp. 45-74. https://doi.org/ 10.1007/978-981-15-7470-2_3

225. Razzaq M., Akram N.A., Ashraf M., Naz H., Al-Qurainy F., Interactive effect of drought and nitrogen on growth, some key physiological attributes and oxidative defense system in carrot (Daucus carota L.) plants, Scientia Horticulturae, Volume 225, 2017, Pages 373-379, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.055.

226. Roohi M., Arif M. S., Yasmeen T., Riaz M., Rizwan M., Shahzad S.M., Ali S., Bragazza L. Effects of cropping system and fertilization regime on soil phosphorous are mediated by rhizosphere-microbial processes in a semi-arid agroecosystem. // Journal of Environmental Management, Volume 271, 2020

227. Salachas G. et al. Enhancing bioactive compounds accumulation in red beet (Beta Vulgaris L.) plants by managing N nutrition. The identification of the 'critical' zone as a cultivation technique. Plant Physiology and Biochemistry, Volume 188, 2022, P. 21-30, https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.08.003
228. Steffen W., Richardson K., Rockstrom J., Schellnhuber H.J., Dube O.P., Dutreuil S., Lenton T.M., Lubchenco J. The emergence and evolution of Earth System Science. Nat Rev Earth Environ 2020. Vol.1, pp. 54-63. https://doi.org/10.1038/s43017- 019-0005- 6
229. Sagova-Mareckova M., Boenigk J., Bouchez A. et al. Expanding ecological assessment by integrating microorganisms into routine freshwater biomonitoring. Water Res 2021. Vol. 191, 116767. https://doi.org/ 10.1016/j.watres.2020.116767
230. Theodor Sperlea T., Heider D., Hattab G. A theoretical basis for bioindication in complex ecosystems. Ecological Indicators 2022. Vol. 140, 109050. https://doi.org/10.1016/ j.ecolind.2022.109050.
231. Ulrich A., Plant nutrient survey of sugar beets for 1943. Div. of Plant Nutrition. Univ. of Calif., Berkeley, California, Mimeographed, 1943.
232. Ulrich A., Plant analysis as a guide to the nutrition of sugar beets in California. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech., 364-377, 1948.
233. Ulrich A., Critical nitrate levels of sugar beets estimated from analysis of petioles and blades, with special reference to yiedes and sucrose concentrations. Soil Sci., 69, 291-309, 1950.
234. Ulrich A., Nitrogen fertilization of sugar beets in the Woodland area of California. II. Effects upon the nitrate - nitrogen of petioles and its relationship to sugar production. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech., 372-389, 1950.
235. Ulrich A., Hills F.J., Ririe D., George A.G., Morse M.D., Plant analysis - a guide for sugar beet fertilization. Calif. Agr. Expt. Sta. Bull. 766, 3-24, 1959.
236. Vaziritabar Y., Frei M., Yan F., Vaziritabar Y., Honermeier B. Enhancing nitrogen use efficiency and plant productivity in long-term precrop/crop rotation and fertilization management. // Field Crops Research, Volume 306, 2024
237. Viets F., Hageman R. Factors affecting the accumulation of nitrat in soil,

water and plants. Washington, 1971.
238. Wallace T., A field experiment on the manuring of black currants. J. Pomol. And Hort. Sci., 16, 127-147, 1938.
239. Weil, S., Barker, A.V., Zandvakili, O.R., Etemadi, F. Plant growth and calcium and potassium accumulation in lettuce under different nitrogen regimes of ammonium and nitrate nutrition. Journal of Plant Nutrition, 2021, 44(2), p. 270 – 281
240. Zhou R. et al. Environmental changes impact on vegetables physiology and nutrition – Gaps between vegetable and cereal crops. Science of The Total Environment, Volume 933, 2024, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173180

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Погодные условия вегетационного периода 2021 года

Месяц	Декада	Среднесуточная t воздуха, ^{0}C		Осадки, мм		Влажность воздуха, %	
		2021 г.	± к среднемноголетней	2021 г.	% среднемноголетних	2021 г.	± к среднемноголетней
Май	I	9,9	0,3	46,7	333,6	64,4	0,9
	II	18,4	6,9	6,8	40,0	60,6	-1,4
	III	15,2	1,1	17,7	93,2	66,4	3,9
За месяц		**14,5**	**2,8**	**71,2**	**142,4**	**63,8**	**1,2**
Июнь	I	16,5	2,1	15,8	79,0	64,9	5,4
	II	20,4	5,0	14,0	66,7	67,4	7,4
	III	24,9	8,5	32,3	134,6	67,8	6,3
За месяц		**20,6**	**5,2**	**62,1**	**95,5**	**66,7**	**6,3**
Июль	I	22,5	5,1	0,0	0,0	63,4	-0,6
	II	25,3	7,5	11,2	41,5	63,4	-2,1
	III	20,1	2,4	9,7	35,9	65,7	-1,3
За месяц		**22,7**	**5,0**	**20,9**	**26,1**	**64,2**	**-1,3**
Август	I	20,8	3,7	32,0	128,0	78,1	9,1
	II	21,2	5,3	34,6	150,4	75,7	5,2
	III	17,7	3,3	13,8	62,7	73,3	0,8
За месяц		**19,9**	**4,1**	**80,4**	**114,9**	**75,7**	**5,0**
Сентябрь	I	11,8	-0,7	16,1	80,5	80,7	6,7
	II	10,4	-0,4	28,4	157,8	77,5	-0,5
	III	8,1	0,0	43,1	253,5	88,0	10,0
За месяц		**10,1**	**-0,4**	**87,6**	**159,3**	**82,1**	**5,4**
За май-сентябрь		**17,6**	**3,3**	**322,2**	**100,7**	**70,5**	**3,3**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Погодные условия вегетационного периода 2022 года

Месяц	Декада	Среднесуточная t воздуха, ^{0}C		Осадки, мм		Среднесуточная относительная влажность воздуха, %	
		2022 г.	откл. от многолетн.	2022 г.	% к многолетн.	2022 г.	откл. от многолетн.
Май	I	9,9	0,3	6,4	45,7	50,3	-13,9
	II	11,6	0,1	18,2	107,1	60,7	-1,3
	III	11,4	-2,7	25,4	133,7	61,9	-0,6
За месяц		**11,0**	**-0,7**	**50,0**	**100,0**	**57,7**	**-5,0**
Июнь	I	18,0	3,6	8,9	44,5	65,1	5,6
	II	18,3	2,9	21,9	104,3	67,9	7,9
	III	21,1	4,7	2,2	9,2	56,5	-5,0
За месяц		**19,1**	**3,7**	**33,0**	**50,8**	**63,2**	**2,8**
Июль	I	21,9	4,5	31,1	119,6	63,8	-0,2
	II	19,3	1,5	17,8	65,9	69,7	4,2
	III	21,5	3,8	21,3	78,9	68,8	1,8
За месяц		**20,9**	**3,3**	**70,2**	**87,8**	**67,4**	**1,9**
Август	I	21,8	4,7	10,9	43,6	65,3	-3,7
	II	22,3	6,4	0,3	1,3	54,9	-15,6
	III	22,8	8,4	2,4	10,9	54,6	-17,9
За месяц		**22,3**	**6,5**	**13,6**	**19,4**	**58,3**	**-12,4**
Сентябрь	I	9,4	-3,1	7,2	36,0	74,7	0,7
	II	11,5	0,7	19,3	107,2	81,9	3,9
	III	-	-	-	-	-	-
За месяц		**10,4**	**-**	**26,5**	**-**	**-**	**-**

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Погодные условия вегетационного периода 2023 г.

Месяц	Декада	Среднесуточная t воздуха, ^{0}C			Осадки, мм			Относительная влажность воздуха, %		
		среднемноголетние	2023 г.	± к среднемноголетней	среднемноголетние	2023 г.	% среднемноголетних	среднемноголетние	2023 г.	± к среднемноголетней
Май	I	9,6	7,7	-1,9	14,0	1,3	9,3	63,5	57,4	-6,1
	II	11,5	15,1	3,6	17,0	5,7	33,5	62,0	56,0	-6,0
	III	14,1	15,7	1,6	19,0	13,7	72,1	62,5	70,4	7,9
За месяц		**11,7**	**12,8**	**1,1**	**50,0**	**20,7**	**41,4**	**62,7**	**61,3**	**-1,4**
Июнь	I	14,4	14,8	0,4	20,0	14,9	74,5	59,5	65,3	5,8
	II	15,4	18,4	3,0	21,0	0,7	3,3	60,0	46,9	-13,1
	III	16,4	17,2	0,8	24,0	44,3	184,6	61,5	71,9	10,4
За месяц		**15,4**	**16,8**	**1,4**	**65,0**	**59,9**	**92,2**	**60,3**	**61,4**	**1,0**
Июль	I	17,4	20,6	3,2	26,0	1,5	5,8	64,0	68,3	4,3
	II	17,8	16,9	-0,9	27,0	33,4	123,7	65,5	77,7	12,2
	III	17,7	18,7	1,0	27,0	24,9	92,2	67,0	79,0	12,0
За месяц		**17,6**	**18,7**	**1,1**	**80,0**	**59,8**	**74,8**	**65,5**	**75,0**	**9,5**
Август	I	17,1	23,0	5,9	25,0	6,3	25,2	69,0	71,2	2,2
	II	15,9	21,0	5,1	23,0	18,1	78,7	70,5	77,5	7,0
	III	14,4	15,6	1,2	22,0	12,5	56,8	72,5	78,8	6,3
За месяц		**15,8**	**19,9**	**4,1**	**70,0**	**36,9**	**52,7**	**70,7**	**75,8**	**5,2**
Сентябрь	I	12,5	15,5	3,0	20,0	2,3	11,5	74,0	73,7	-0,3
	II	10,8	13,4	2,6	18,0	0,0	0,0	78,0	77,9	-0,1
	III	8,1	16,0	7,9	17,0	1,8	10,6	78,0	70,4	-7,6
За месяц		**10,5**	**14,9**	**4,5**	**55,0**	**4,1**	**7,5**	**76,7**	**74,0**	**-2,7**
За май-сентябрь		**14,2**	**16,6**	**2,4**	**320,0**	**181,4**	**56,7**	**67,2**	**69,5**	**2,3**
За июнь-сентябрь		**14,8**	**17,6**	**2,8**	**270,0**	**160,7**	**59,5**	**68,3**	**71,6**	**3,3**

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Динамика основных питательных веществ в почве при выращивании моркови сорта Лосиноостровская 13 с применением подкормок (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Мг в 1 кг почвы на дату			
	16.V	06.VII	03.VIII	19.IX
	$N\text{-}NO_3$			
Контроль	9,1	29,5	18,6	3,5
$N_{105}K_{185}$	9,9	72,3	84,8	39,4
Биокомпост	9,4	32,2	13,1	6,7
Б/к + подкормка по анализу листа	8,9	34,7	39,8	18,6
Б/к + подкормка по анализу почвы	9,5	32,1	61,3	24,7
$НСР_{05}$	-	1,7	2,5	-
	P_2O_5 по Чирикову			
Контроль	287	311	293	263
$N_{105}K_{185}$	294	297	284	257
Биокомпост	286	337	312	291
Б/к + подкормка по анализу листа	279	325	299	276
Б/к + подкормка по анализу почвы	292	332	306	262
$НСР_{05}$	-	7,9	7,4	-
	K_2O по Чирикову			
Контроль	100	87	90	61
$N_{105}K_{185}$	104	153	138	109
Биокомпост	99	124	124	89
Б/к + подкормка по анализу листа	107	127	129	86
Б/к + подкормка по анализу почвы	108	129	132	84
$НСР_{05}$	-	5,4	4,0	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Динамика основных питательных веществ в почве при выращивании свеклы столовой сорта Мулатка с применением подкормок (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Мг в 1 кг почвы на дату мг/кг			
	27.V	06.VII	03.VIII	19.IX
	$N\text{-}NO_3$			
Контроль	14,4	7,4	5,0	4,4
$N_{175}P_{75}K_{270}$	18,9	58,7	27,6	11,3
Биокомпост	16,3	39,0	8,7	7,6
Б/к + подкормка по анализу листа	17,9	38,4	35,7	19,8
Б/к + подкормка по анализу почвы	18,5	37,8	32,4	18,8
$НСР_{05}$	-	0,9	1,0	-
	P_2O_5 по Чирикову			
Контроль	276	294	275	264
$N_{175}P_{75}K_{270}$	287	333	341	317
Биокомпост	293	355	364	331
Б/к + подкормка по анализу листа	296	346	356	328
Б/к + подкормка по анализу почвы	293	355	369	326
$НСР_{05}$	-	9,2	8,4	-
	K_2O по Чирикову			
Контроль	95	77	54	53
$N_{175}P_{75}K_{270}$	98	156	116	96
Биокомпост	96	105	87	78
Б/к + подкормка по анализу листа	97	113	120	93
Б/к + подкормка по анализу почвы	97	109	122	95
$НСР_{05}$	-	6,1	5,8	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Биометрические данные столовых корнеплодов перед уборкой за три года (в среднем на 1 растение)

Вариант	Масса корнеплода, г				Масса надземной части, г			
	2021 г	2022 г	2023 г	среднее за 3 года	2021 г	2022 г	2023 г	среднее за 3 года
Морковь, сорт Лосиноостровская 13								
Без удобрений	81,5	84,6	83,5	83,2	17,7	18,9	17,7	18,1
$N_{105}K_{185}$	128,2	124,7	127,8	126,9	21,2	22,3	24,9	22,8
Биокомпост 3 т/га	119,3	122,4	115,3	119,0	19,9	21,1	21,7	20,9
Б/к + подкормка по анализу листа	127,3	129,5	127,5	128,1	20,8	21,6	20,9	21,1
Б/к + подкормка по анализу почвы	136,9	134,7	137,3	136,3	21,7	22,1	23,1	22,3
Свекла столовая, сорт Мулатка								
Без удобрений	168,8	170,6	174,8	171,4	37,6	37,1	36	36,9
$N_{175}P_{75}K_{270}$	219,5	223,3	221,1	221,3	90,4	87,1	86,8	88,1
Биокомпост 6 т/га	194	205,5	196,6	198,7	65,9	68,6	66,8	67,1
Б/к + подкормка по анализу листа	214,3	215,8	218,8	216,3	77,9	79,8	77,2	78,3
Б/к + подкормка по анализу почвы	225,7	220,8	223,1	223,2	83,2	78,7	80,2	80,7

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Дисперсионный анализ отклонений от среднего урожая моркови сорта Лосиноостровская 13

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт}$	$F_{теор}$	Влияние фактора, %
Общая	383,2	14	27,4	–	–	100,0
Повторений	2,1	2	1,0	0,8	19,37	0,5
Вариантов	370,2	4	92,6	68,1	3,84	96,6
Остаточная	10,9	8	1,4	–	–	2,8
Средняя ошибка выборочной средней S_x = 0,67 т/га Ошибка разности между выборочными средними S_d =0,95 т/га Относительная ошибка выборочной средней S_x %= 1,16% Коэффициент вариации V = 2,00%						

ПРИЛОЖЕНИЕ З

Дисперсионный анализ отклонений от среднего урожая свеклы столовой сорта Мулатка

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт}$	$F_{теор}$	Влияние фактора, %
Общая	332,2	14	23,7	–	–	100,0
Повторений	9,6	2	4,8	4,6	4,46	2,9
Вариантов	314,3	4	78,6	75,5	3,84	94,6
Остаточная	8,3	8	1,0	–	–	2,5
Средняя ошибка выборочной средней S_x = 0,59 т/га Ошибка разности между выборочными средними S_d =0,83 т/га Относительная ошибка выборочной средней S_x %= 1,19% Коэффициент вариации V = 2,07%						