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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) в 2021 – 2024 годы.

Научные руководители: **Борисов Валерий Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела земледелия и агрохимии ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО

Надежкин Сергей Михайлович, доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, заведующий лабораторно-аналитическим отделом ФГБНУ ФНЦО

Официальные оппоненты: **Иванов Алексей Иванович,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, заведующий отделом физико-химической мелиорации и опытного дела ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (ФГБНУ АФИ)

Терехова Вера Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» (**ФГБНУ ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова**)

Защита состоится « 2 » декабря 2025 г. в 10:00 час. на заседании диссертационного совета 24.1.256.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (143072, Московская обл., Одинцовский г.о., пгт. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14), тел.: (495) 599-24-42 E-mail: vniissok@mail.ru, aspirantura@vniissok.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» и на официальном сайте: www.vniissok.ru
Автореферат разослан «____»_____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.256.02,
кандидат сельскохозяйственных наук Пинчук Елена Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. 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 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;
- 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 ежегодных отчетных сессиях в ФГБНУ ФНЦО (2021-2024 годы); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективные технологии и приемы управления продуктивностью агроэкосистем на мелиорированных землях», Тверской ГУ, 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 обл., 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 144 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературы приведены сведения о биологических особенности свеклы столовой и моркови; рассмотрено влияние удобрений на урожайность и качество столовых корнеплодов; степень изученности вопроса о минеральном и органическом питании почв; рассмотрены особенности диагностики в органической и минеральной системах культивирования растений, интерпретация полученных диагностических данных.

2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ 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).

Объектами исследований являлись культуры свекла столовая сорта Мулатка и морковь сорта Лосиноостровская 13, минеральные и органические удобрения. В качестве основного минерального удобрения использована нитроаммофоска и недостающее количество азота и калия внесено с мочевиной и хлористым калием. Корневые подкормки по результатам диагностики питания проведены аммиачной селитрой и хлористым калием. В качестве основного органического удобрения применялся биокомпост на основе птичьего помёта марки «БИУД».

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.

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)

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. Агротехника возделывания столовых корнеплодов – общепринятая для центральных районов Нечернозёмной зоны.

Почвы опытного участка окультуренные, имеют высокий уровень естественного плодородия. 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%.

В годы проведения исследования погодные условия были различными. В 2021 году ГТК составил 1,20, в 2022 году – 0,78, в 2023 – 0,71.

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 – $N_{105}K_{185}$.

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.

При проведении исследований пользовались в основном следующими методиками: «Методика полевого опыта» (Доспехов, 1985); «Методика полевого опыта в овощеводстве» (Литвинов, 2011). Фенологические наблюдения проводились по методике Литвинова С.С. (2011).

При проведении агрохимических анализов почвы определяли: гумус - ГОСТ 26213-91; общий азот – ГОСТ 34789-2021; pH – ГОСТ 26483-85; нитратный азот – ГОСТ 26951-86; подвижный фосфор – ГОСТ 26204-91; подвижный калий – ГОСТ 26204-91; Нг - ГОСТ 26212-2021; S - ГОСТ 27821-2020.

При проведении биохимических анализов определяли: сухое вещество - ГОСТ 33977-2016; сахара - ГОСТ 8756.13–87; нитраты - ГОСТ 29270–9; каротиноиды - 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).

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).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

Данные об изменении содержания питательных элементов в пахотном слое почвы при выращивании столовых корнеплодов показали, что накопление нитратного азота и подвижного калия в почве под ними зависело от количества вносимых удобрений. Внесение расчётной дозы азота (105 кг/га д.в.) в составе NPK повышало уровень нитратов в почве под морковью 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 (рис. 1).

Максимум подвижного калия зафиксирован в I декаде июля (рис. 2), 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.

Проведенная подкормка минеральными удобрениями по итогам почвенной диагностики ($N_{52}K_{14}$) в период максимального потребления растениями нитратного азота (рост корнеплода) обеспечила накопление $N\text{-}NO_3$ 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 (Tenelli и др. 2021; Thoumazeau и др. 2024; Haumont и др. 2023).

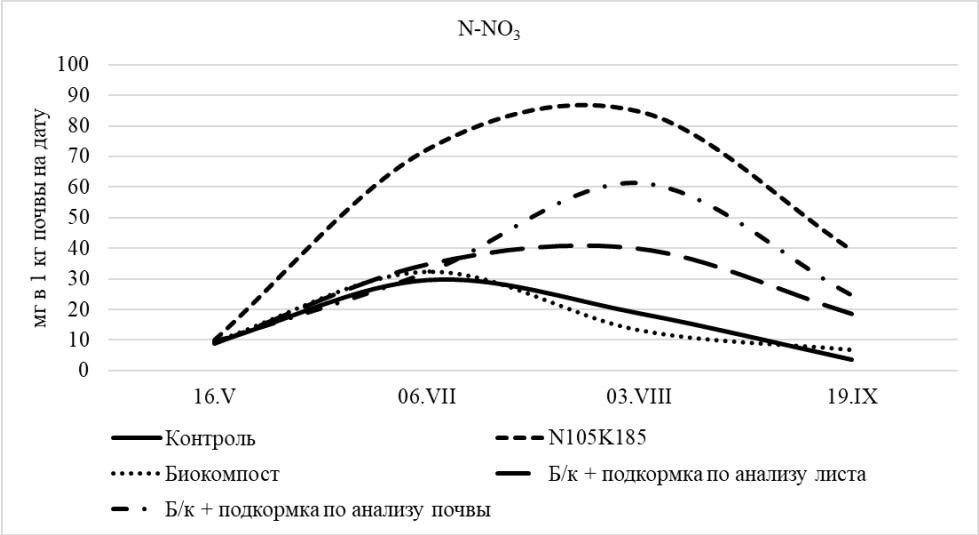

Рисунок 1 - Динамика $N\text{-}NO_3$ в почве при выращивании моркови сорта Лосиноостровская 13

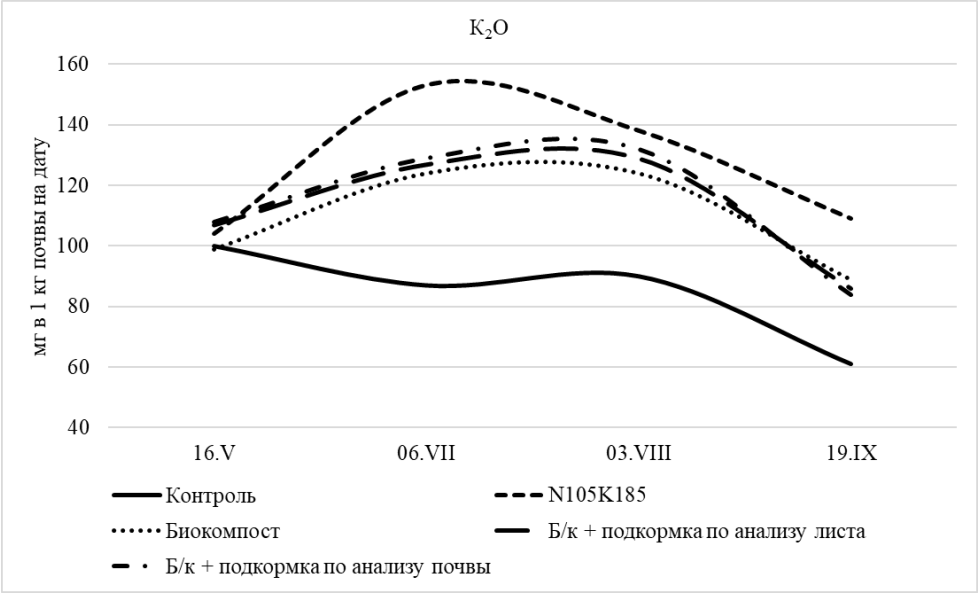

Рисунок 2 - Динамика K_2O в почве при выращивании моркови сорта Лосиноостровская 13

Внесение расчётной дозы N_{175} под свеклу столовую 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 (рис. 3). 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 (рис. 4). В других исследованиях также отмечается положительное действие удобрений,

органических в том числе, на питание сельскохозяйственных культур и повышение их продуктивности (Черепухина и др., 2019; Weil, 2021).

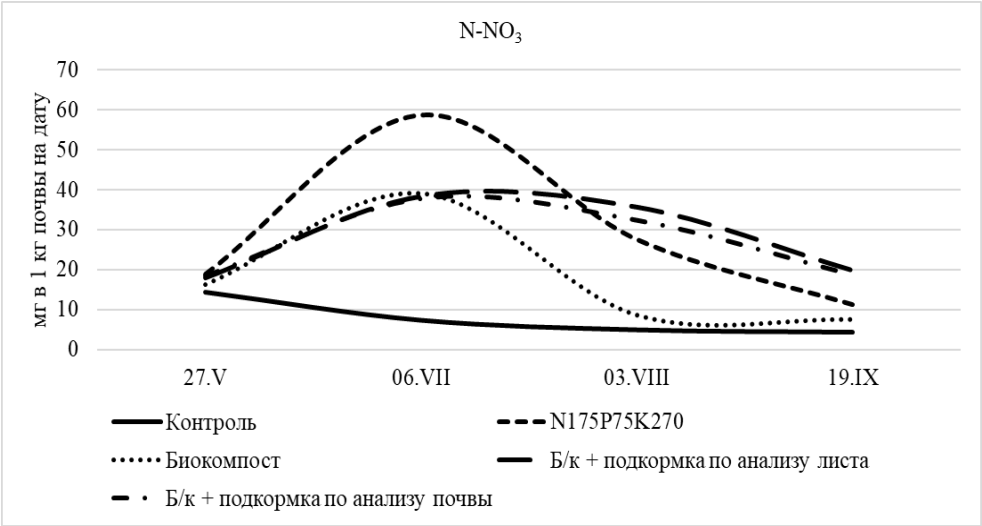

Рисунок 3 - Динамика $N\text{-}NO_3$ в почве при выращивании свеклы столовой сорта Мулатка

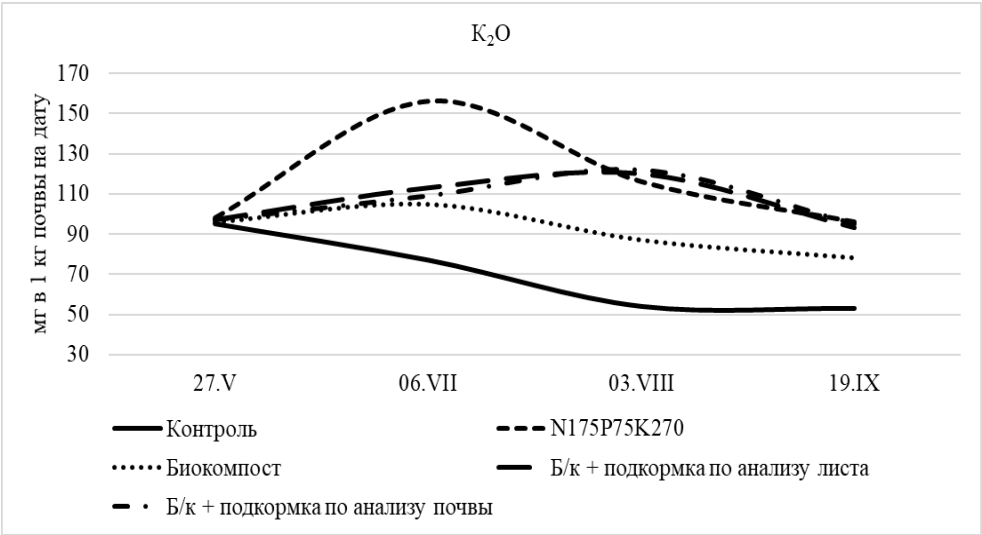

Рисунок 4 - Динамика K_2O в почве при выращивании свеклы столовой сорта Мулатка

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

Агрохимические анализы почвы показывают её насыщенность питательными веществами, однако для более точного определения количества доступных растениям элементов используют растительную диагностику. Она позволяет контролировать питание растений в течение вегетации, выявлять потребность в подкормках (Нелюбова, Церлинг, 1979; Ермохин и др., 2016).

Для контроля над минеральным питанием столовых корнеплодов в соответствии с программой исследований была проведена диагностика питания

по анализу почвы и черешка листа в фазу начала образования корнеплодов (I декада июля). По результатам рассчитаны и внесены подкормки азотно-фосфорно-калийными удобрениями.

В связи с проведением почвенной и растительной диагностики под морковью (табл. 1) при внесении биокомпоста, в сравнении с расчётной дозой NPK, отмечен недостаток доступного минерального азота и калия. На основании результатов почвенной диагностики были рассчитаны дозы подкормки по азоту в размере 52 кг/га и по калию – 14 кг/га. По результатам растительной диагностики была рассчитана подкормка по азоту в размере 17 кг/га.

Таблица 1 – Почвенная и растительная диагностика питания в фазу начала образования корнеплодов (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
Морковь, сорт Лосиноостровская 13						
По анализу почвы в фазу начала образования корнеплодов на фоне биокомпоста 3 т/га						
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						
В среднем за 3 года	413	303	6140	17	6	2
Оптимальные значения	511	322	6204	-	-	-
Свекла столовая, сорт Мулатка						
По анализу почвы в фазу начала образования корнеплодов на фоне биокомпоста 6 т/га						
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						
В среднем за 3 года	2761	2996	4396	54	7	30
Оптимальные значения	3944	3163	5890	-	-	-

По анализу почвы (табл. 1) под корнеплодами 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%. 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 содержание макроэлементов также меньше на варианте с внесением биокомпоста, чем на варианте с внесением расчетной дозы NPK. Подкормка по азоту составила 54 кг/га и по калию 30 кг/га.

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

Биометрические показатели корнеплодов, такие как масса, диаметр и длина, важны для оценки урожайности и товарных качеств продукции (Седунина, 2017; Васильев, 2019). Биометрические данные показали, что внесение минеральных удобрений и органических в сочетании с подкормкой способствует росту моркови и свеклы столовой (табл. 2, 3). Также в литературных данных отмечается, что улучшение питательного режима почвы способствует росту биометрических показателей корнеплодов, таких как длина и диаметр, которые прямопропорционально связаны с их массой (Петров и др., 2022).

Таблица 2 – Биометрия моркови сорта Лосиноостровская 13 перед уборкой 2021 – 2023 гг. (в среднем на 1 растение)

Вариант	Масса растения, г	Корнеплод			Надземная часть			Доля основной продук-ции, %
		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	-	-	-

При использовании минеральных удобрений под морковь наблюдалось избыточное развитие листьев и средних размеров корнеплодов, что снижало долю основной продукции. Органические удобрения увеличивали общую массу растений относительно контроля, но масса корнеплодов оставалась ниже, чем при минеральных или органоминеральных системах. Наилучшие результаты достигнуты при подкормках на фоне биокомпоста: масса корнеплодов моркови превысила контроль на 54 - 64%, а доля основной продукции достигла максимума (86,1%) при диагностике по почве.

Свекла столовая реагировала на удобрения иначе. При внесении

расчетной дозы NPK масса растения увеличилась на 33% относительно контроля, но из-за сильного развития листового аппарата, масса корнеплода оказалась небольшой, а доля основной продукции была минимальной.

При использовании биокомпоста масса растения и корнеплода немного превышала контрольный вариант. Умеренное количество листьев и их меньшая длина увеличили долю основной продукции, но снизили стандартность продукции. Органическая система обеспечила компактное, но сбалансированное развитие растений.

Подкормка по анализу листа оказалась менее эффективной, чем на моркови: избыточный рост листьев снизил долю основной продукции. Почвенная диагностика обеспечила максимальную массу корнеплода (на 30% выше контроля) при средней доле основной продукции среди всех вариантов.

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 3 – 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 продук-ции, %
		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	-	-	-

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

Оптимальное питание растений — основа высоких и стабильных урожаев. Минеральные удобрения и биокомпосты при грамотном применении повышают урожайность и качество продукции. Также 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. Используя их, можно менять вектор процессов обмена веществ в нужную сторону, стимулировать большее накопление питательных веществ в растениях (Литвинов, 2014).

Морковь, сорт Лосиноостровская 13. По итогам учёта урожайности корнеплодов моркови 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.

Установка доз подкормок минеральными удобрениями по результатам питания растений в системе агротехнических мероприятий при выращивании сельскохозяйственных культур позволяет добиться тонкой коррекции процессов роста, развития и формирования хозяйственно-ценной части урожая (Борисов, 2016).

По результатам исследований морковь проявляет себя как культура преимущественно минерального типа питания, а именно наиболее высокая урожайность была получена при использовании минеральных удобрений и при использовании их в сочетании с органическими удобрениями.

Положительное влияние на стандартность корнеплодов моркови оказывали минеральные удобрения и органические в сочетании с минеральными при дробном внесении (табл. 4). Наибольший процент стандартности продукции от общей получен на варианте с подкормкой по почвенной диагностике – 94,6%.

Таблица 4 – 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	-

Свекла столовая, сорт Мулатка. Получена общая урожайность свеклы столовой на уровне 41,7-54,2 т/га со стандартной продукцией 81-92% (табл. 5). 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.

Таблица 5 – 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	-

Свекла столовая проявила себя в опыте как культура отзывчивая, как к минеральному, так и к органическому питанию. Прибавки урожая, по

сравнению с контролем, в процентном отношении были более высокие, чем у моркови. Можно отметить, что такие элементы питания, как азот и калий имеют весомое влияние на повышение урожайности свеклы столовой. При внесении подкормки этими элементами на фоне биокомпоста урожайность возрастает на 23,7-30,0%.

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%).

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

По результатам проведённых биохимических исследований в период уборки урожая установлено, что содержание сухого вещества в корнеплодах моркови находилось в пределах 11,4 – 12,3%, сахаров 7,26 – 8,22%, каротина 6,38 – 8,16 мг%, нитратов 72,5 – 172,3 мг/кг; в корнеплодах свеклы столовой соответственно 13,1 – 15,0% сухого вещества, 10,12 – 11,68% сахаров, 112,1 – 156,2 мг% бетанина, 663,5 – 1260,7 мг/кг нитратов (табл. 6).

Содержание сухого вещества. Общее содержание сухого вещества — ключевой показатель качества овощей, включающий клетчатку, углеводы, минеральные соли и азотистые соединения. Оно определяет степень зрелости корнеплодов и их лежкоспособность (Широков, 1988). Накопление сухих веществ зависит от различных факторов, включая систему удобрений, и может использоваться для энергетической оценки методов выращивания культур.

При внесении биокомпоста содержание сухого вещества составило 12% у моркови и 15% у свеклы столовой. Подкормки по анализу листа увеличили этот показатель относительно контроля на 7,9% (морковь) и 5,3% (свекла столовая), а по анализу почвы — на 6,1% и 3,0% соответственно.

Содержание сахаров. Содержание сахаров в корнеплодах — важный показатель качества, влияющий на вкус, технологические свойства и лежкоспособость продукции (Борисова и др., 2017).

При анализе моркови выявлена связь между накоплением сахаров и сухих веществ. Минеральное питание обеспечило прирост сахаров на 8,5% к контролю, а биокомпост в сочетании с подкормкой на 10,5 – 13,2%. Наибольшее накопление наблюдалось при подкормке по анализу растения.

Под свеклой столовой наибольшее содержание сахаров было при использовании биокомпоста. При органоминеральном питании, скорректированном по анализу «черешка» и почвы, содержание сахаров возросло на 10,0% и 8,6% соответственно. Расчетная доза минеральных удобрений снизила уровень сахаров на 1,2% относительно контроля.

Таблица 6 - Влияние удобрений на биохимические показатели качества столовых корнеплодов (2021 – 2023 гг.)

Вариант	Сухое вещест-во, %	Сахара, %			Витамины, мг%*	NO_3^-, мг/кг
		моно-	ди-	∑		
Морковь, сорт Лосиноостровская 13						
Без удобрений (к.)	11,4	1,64	5,62	7,26	6,38	73
$N_{105}K_{185}$ (60 т/га)	11,6	1,42	6,67	8,09	8,16	172
Биокомпост 3 т/га	12,0	2,24	5,62	7,86	6,12	79
Б/к + подкормка по анализу листа	12,3	1,92	6,35	8,27	7,48	111
Б/к + подкормка по анализу почвы	12,1	1,88	6,41	8,29	7,26	127
$НСР_{05}$	0,4	0,62	1,23	2,41	0,12	14,8
Свекла столовая, сорт Мулатка						
Без удобрений (к.)	13,1	0,21	10,03	10,24	112,1	507
$N_{175}P_{75}K_{270}$ (50 т/га)	12,1	0,20	9,92	10,12	156,2	969
Биокомпост 3 т/га	15,0	0,25	11,43	11,68	130,3	652
Б/к + подкормка по анализу листа	13,8	0,23	11,03	11,26	149,7	808
Б/к + подкормка по анализу почвы	13,5	0,21	10,91	11,12	142,8	768
$НСР_{05}$	1,5	0,11	1,80	1,85	1,2	19,4
*В моркови – каротиноиды, в свекле столовой – бетанин						

Содержание каротина в корнеплодах моркови. По накоплению каротиноидов в корнеплодах моркови органические и органоминеральные системы удобрения уступали минеральным. 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.

Содержание бетанина в корнеплодах свеклы столовой. Наибольшее содержание бетанина отмечается на варианте расчетной дозы и превышает контроль на 39%. Внесение подкормок также положительно влияет на накопление бетанинов. Существует корреляционная зависимость между биосинтезом бетанинов и уровнем нитрат-ионов (Pavlov, 2005). Таким образом,

дополнительный источник азота, вносимый в почву, является необходимым для синтеза беталаиновых пигментов.

Содержание нитратов. Нитраты также занимают важное место среди биохимических показателей качества овощной продукции, определяемых системой удобрений (Борисова и др., 2017). В силу своих биологических особенностей, столовая свекла отличается повышенной способностью накапливать нитраты, по сравнению с морковью. Органические удобрения способствуют снижению уровня нитратов в корнеплодах по сравнению с минеральными.

При использовании биокомпоста содержание нитратов составило 652 мг/кг для свеклы и 79 мг/кг для моркови, что ниже, чем при внесении полной дозы NPK (969 и 172 мг/кг соответственно).

Применение органоминеральных 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. Подкормки по почвенной диагностике, наоборот, способствовали большему накоплению нитратов на моркови (127 мг/кг), чем на свекле столовой (768 мг/кг).

Во всех вариантах ПДК (1400 мг/кг для свеклы, 250 мг/кг для моркови) не было превышено.

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

Изучение влияния минеральных подкормок на сохранность овощей также необходимо, так как виды и дозы удобрений влияют не только на урожайность и качество, но и на лежкоспособность продукции (Борисов, 2006; Мудреченко, 2022). Основные потери при хранении связаны с естественной убылью (дыхание, испарение) и болезнями (фузариоз, гнили) (Ахатов, 2013; Меньших, 2019).

Опыт по хранению корнеплодов проводился в холодильных камерах при температуре 0–1°С и влажности 90–95%. В конце хранения анализировались убыль массы, поражение болезнями и фитопатологическое состояние.

На моркови минеральные удобрения при основном внесении обеспечили наименьшие потери: убыль массы составила 9,2%, потери от болезней — 6,0% (преобладал фузариоз). При органическом удобрении убыль массы была аналогичной, но болезни развивались активнее (8,4%). Подкормки на фоне органики увеличили общие потери до 19,5–18,6%.

На свекле лучшую сохранность также обеспечили минеральные

удобрения при основном внесении: убыль массы — 6,1%, потери от болезней — 11,0% (основная причина — серая гниль). При органике убыль массы увеличилась до 10,5%, а болезни (серая гниль, фузариоз, хвостовая гниль) составили 8,3%. Подкормки снижали убыль массы относительно контроля, но на варианте с растительной диагностикой сильное поражение серой гнилью привело к значительным потерям. Таким образом, основное внесение удобрений обеспечивает лучшую сохранность корнеплодов.

3.7 Потребление, вынос и коэффициенты использования питательных веществ столовыми корнеплодами

В ходе исследования получены экспериментальные данные по потреблению и выносу питательных веществ столовыми корнеплодами при разных системах удобрений, коэффициентам их использования из почвы и удобрений, рассчитан хозяйственный баланс питательных веществ в почве (Дёмин, 1981; Муравин и др., 2009).

Изучение химического состава растений показало, что в фазу технической спелости корнеплоды свеклы столовой отличалась большим накоплением основных питательных веществ, чем морковь. Минимальное содержание питательных веществ в основной и побочной продукции корнеплодов получено на варианте без удобрений. Применение в основное внесение расчётной дозы NPK, а также внесение корневых подкормок повышало концентрацию азота, фосфора и калия в корнеплодах и в листьях.

Учитывая полученный урожай, общий вынос питательных веществ оказался следующим (табл. 7): для моркови - N 58,0-104,8 кг/га, P_2O_5 28,0-51,0 кг/га и K_2O 113,9-183,9 кг/га; для столовой свеклы - N 126,5-218,1 кг/га, P_2O_5 37,5-70,2 кг/га и K_2O 166,5-267,0 кг/га 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: N 29,0-31,0%, P_2O_5 14,1-16,5%, K_2O 53,9-56,9% для моркови и N 38,1-39,3%, P_2O_5 11,3-12,8%, K_2O 48,1-50,4% для свеклы столовой.

По итогу среднее потребление питательных веществ (кг) на создание 10 тонн урожая основной продукции (вместе с побочной) было для моркови: N 15,9, P_2O_5 8,2, K_2O 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 7 - Потребление питательных веществ столовыми корнеплодами (2021-2023 гг.)

Фон питания	Потребление на 10 т основной продукции с учётом побочной, кг			Соотношение питательных веществ, %		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
Морковь, сорт Лосиноостровская 13						
Без удобрений (контроль)	13,0	6,3	25,5	29,0	14,1	56,9
NPK	16,4	8,4	30,5	29,7	15,2	55,2
Биокомпост	15,8	8,9	29,1	29,4	16,5	54,1
Биокомпост + растит. диагностика	17,0	9,1	30,5	30,0	16,1	53,9
Биокомпост + почв. диагностика	17,4	8,4	30,4	31,0	14,9	54,1
В среднем по вариантам	15,9	8,2	29,2	29,8	15,4	54,8
Свекла столовая, сорт Мулатка						
Без удобрений (контроль)	37,5	11,1	49,4	38,3	11,3	50,4
NPK	39,8	12,9	51,7	38,1	12,4	49,5
Биокомпост	44,4	14,9	56,7	38,3	12,8	48,9
Биокомпост + растит. диагностика	44,9	14,4	55,5	39,1	12,5	48,3
Биокомпост + почв. диагностика	43,6	14,0	53,4	39,3	12,6	48,1
В среднем по вариантам	41,9	13,5	53,3	38,6	12,3	49,1

Хозяйственный баланс питательных веществ при выращивании столовых корнеплодов на варианте без удобрений, из-за полного отсутствия компенсации выноса элементов питания, был неудовлетворительным по всем макроэлементам. Применение в основное внесение расчётной дозы минеральных удобрений обеспечило положительный баланс питательных веществ, который составил 21,7 - 50,9 кг/га (в процентах от выноса 119-141%). 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. В среднем, на вариантах с удобрениями, баланс питательных веществ от выноса составил: N 130-150%, P_2O_5 104-193%, K_2O 64-82%.

Расчётные коэффициенты использования питательных веществ

столовыми корнеплодами составили (табл. 8): морковь – N 19, P_2O_5 5, K_2O 38; свекла столовая – N 42, P_2O_5 6, K_2O 55.

Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений так же разнились у изучаемых культур. Так, для моркови КИУ составил: N 21-37%, P_2O_5 26-38%, K_2O 35-95%, тогда как для свеклы столовой получены 64-76%, 29-45% и 50-103% соответственно.

Таблица 8 – 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**

3.8 Экономическая эффективность применения удобрений при выращивании столовых корнеплодов

Расчеты экономической эффективности использования удобрений показали, что под их влиянием наибольшая величина условно чистого дохода составила 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 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. Эти же варианты характеризуются наибольшей

рентабельность – 80,7-82,0% и наименьшей себестоимостью продукции.

Таблица 9 – Экономическая эффективность выращивания столовых корнеплодов (2021-2023 гг.)

Вариант	Урожайность стандартной продукции, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Затраты на выращивание, руб./га	Затраты на уборку и реализацию, руб./га	Всего затрат, руб./га	Себестоимость, руб./т	Чистый доход 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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На аллювиальной луговой почве Нечернозёмной зоны внесение биокомпоста в дозах 3 т/га под морковь и 6 т/га под свеклу столовую 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 столовой. 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 столовой — 6,1% и 11,0% соответственно. Органические удобрения увеличили поражение болезнями: у моркови — 8,4%, у свеклы столовой — 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.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Белова, С. В. Эффективность применения подкормок овощных культур по данным почвенной и растительной диагностики / В.А. Борисов, И.Ю. Васючков, А.А. Коломиец, О.Н. Успенская, С.В. Белова // Агрохимия. №2. 2022. С. 22-27. Doi: 10.31857/s000218812202003x

2. Белова, С. В. Диагностика питания овощных культур / С.В. Белова // Картофель и овощи. №12. 2022. С. 13-16. DOI: 10.25630/PAV.2022.14.25.002

3. Белова, С.В. Диагностика минерального питания моркови и свеклы столовой при органической и минеральной системах удобрения / С.В. Белова // Овощи России. №4. 2024. С. 69-79. DOI: 10.18619/2072-9146-2024-4-69-79

4. Белова, С.В. Влияние удобрений на урожайность и биохимические показатели качества столовых корнеплодов / В.А. Борисов, С.М. Надежкин, С.В. Белова // Овощи России. №3. 2025. С. 95-99. DOI:10.18619/2072-9146-2025-3-95-99

публикации в прочих изданиях

1. Belova, S.V. Effectiveness of vegetable fertilization based on soil and plant diagnostics / V.A.Borisov, I.Yu. Vasyuchkov, A.A. Kolomiets, O.N. Uspenskaya, S.V. Belova // Russian agricultural sciences. №S1. 2022 год. P. 52-56 Doi: 10.3103/s1068367422070059

2. Белова, С.В. Рациональное использование минеральных удобрений и биокомпоста при выращивании моркови столовой на орошаемых почвах поймы р. Москвы / С.В. Белова, И.Ю. Васючков, В.А. Борисов, Е.В. Янченко, О.Н. Успенская // Сборник трудов конференции «Перспективные технологии и приемы управления продуктивностью агроэкосистем на мелиорированных землях (к 95-летию почвенного института)». Тверь. 2022. С. 81-87.