

На правах рукописи

Смирнова Ирина Николаевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТОПИНАМБУРА В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Санкт-Петербург – 2025

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Тверская ГСХА)

Научный
руководитель:

Усанова Зоя Ивановна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры агробиотехнологий, перерабатывающих производств и семеноводства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Тверская ГСХА)

Официальные
оппоненты:

Манохина Александра Анатольевна

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры механизации сельского хозяйства, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева)

Катаев Алексей Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Центра трансфера технологий Управления научной и инновационной деятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ)

Ведущая
организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» (КарНЦ РАН)

Защита диссертации состоится **28 ноября 2025 г.** в 13.30 часов на заседании диссертационного совета: 35.2.033.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» по адресу: 196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, стр. 2, ауд 2113. Тел: 8(812)386-17-07, e-mail: ds01@spbgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте <https://spbgau.ru> ФГБОУ ВО СПбГАУ. Объявление о защите и автореферат размещены на сайтах <https://spbgau.ru> ФГБОУ ВО СПбГАУ и <https://vak.minobrnauki.gov.ru> ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Автореферат разослан « ____ » 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.033.01
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Орлова
Анна Георгиевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Топинамбур – это многолетнее клубненосное растение, у которого большое хозяйственное значение имеет как надземная зеленая масса, так и клубни. Он характеризуется высокой продуктивностью, экологической пластичностью, ценным химическим составом органов растения, является инулиноносом, имеет пищевое, техническое, кормовое, лечебное применение, используется для рекультивации выведенных из оборота земель сельскохозяйственного назначения и как активный фитомелиоратор техногенно нарушенных земель (Кочнев Н.К., 1991, Зеленков В.Н., 2012, Усанова З.И., Осербаев А.К., Зияев К.И., Павлов М.Н., 2018). Лучшие сорта топинамбура в условиях Центрального Нечерноземья формируют высокую урожайность – до 100 и более тонн с гектара сырой биомассы, в том числе до 50 т/га клубней (Павлов М.Н., 2017).

Несмотря на большую ценность топинамбур имеет невысокое распространение в производстве. По сведениям В.И. Старовойтова, С.В. Жеворы, В.А. Бызова и др. 2024, площадь его посадок в Российской Федерации достигла 5,0 тыс. га. Больше всего посадок сосредоточено в Липецкой области (1,5 тыс. га), где создана сырьевая база и пущена в эксплуатацию 1-я очередь завода по технической переработке его продукции.

Дальнейшее развитие производства топинамбура будет зависеть как от роста его посевных площадей, так и от повышения урожайности. В получении экономически выгодной продукции большая роль принадлежит оптимизации минерального питания растений, в том числе за счет некорневых подкормок различными ростостимулирующими препаратами, включая комплексные удобрения с микроэлементами. Их роль в формировании высокопродуктивных агроценозов топинамбура изучена недостаточно, что является актуальным.

Степень разработанности темы. Биологические особенности и вопросы минерального питания, удобрение топинамбура достаточно хорошо изучены применительно к разным регионам страны, в том числе Центрального Нечерноземья Российской Федерации (Устименко-Бакумовский Г.В., 1972, Усанова З.И., 1964-2023, Осербаев А.К., 1998, Байбакова Ю.В., 2005, Королева Ю.С., 2009, Павлов М.Н., 2017, Зеленков В.Н., Романова Н.Г., 2012, Старовойтов В.И., С.В. Жевора, В.А. Бызов и др., 2024, Манохина А.А., 2017).

Вместе с тем недостаточно изучено влияние некорневых подкормок различными ростостимулирующими препаратами, в том числе комплексными удобрениями, на рост, развитие и формирование урожайности топинамбура, включая сорт Скороспелка. Все это явилось основанием для проведения наших исследований.

Цель и задачи исследований. Цель исследований – выявить особенности формирования урожайности топинамбура при применении в технологии возделывания некорневых подкормок комплексными

удобрениями с микроэлементами, а также установить виды комплексных удобрений, обеспечивающих получение наибольших прибавок урожая и улучшение качества продукции.

Задачи исследований:

1. Изучить особенности роста и развития топинамбура при применении некорневых подкормок, водопотребление.

2. Исследовать фотосинтетическую деятельность растений в разных агроценозах: формирование площади листьев и фотосинтетического потенциала агроценоза (посева), накопление сырой и сухой фитомассы, производительность ФПП, изменение $K_{хоз}$.

3. Определить структуру урожая, урожайность и качество продукции в разных вариантах опыта.

4. Провести корреляционный и регрессионный анализ зависимости конечной продуктивности агроценоза от показателей фотосинтетической деятельности топинамбура и элементов структуры урожая.

5. Рассчитать экономическую эффективность производства продукции в зависимости от некорневых подкормок.

Научная новизна. Впервые в результате комплексных исследований в условиях Центрального Нечерноземья выявлены особенности формирования урожая, фотосинтетической деятельности и хода производственного процесса топинамбура сорта Скороспелка при применении некорневых подкормок комплексными удобрениями, выявлены варианты технологии и комплексные удобрения, обеспечивающие получение наибольших прибавок урожая и повышение его качества.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически обоснована возможность повышения продуктивности топинамбура сорта Скороспелка на 41,5-50,0 % при применении в технологии возделывания комплексных удобрений в виде некорневых подкормок.

Производству предложено:

Выращивание топинамбура сорта Скороспелка по технологии с применением однократной некорневой подкормки комплексными удобрениями Акварин 5 или Фолирус Престиум, или с двукратной подкормкой – Гумат +7, которое обеспечивает наибольший сбор сырой фитомассы (надземная масса+клубни) – 118-128 т/га, клубней 67-77 т/га, получение более высокого условно чистого дохода 1054-1251 тыс. руб/га, дополнительный выход с гектара 25,5-34,8 ц растворимых углеводов и 4,1-5,2 ц сырого протеина.

Методология и методы исследований. Методология исследований заключается в постановке и проведении полевого опыта и лабораторных исследований по традиционным методикам, применяемым в растениеводстве, земледелии, агрохимии. Математическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием дисперсионного и корреляционного анализов (Б.А. Доспехов, 1985) в программе STRAZ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Ускорение или замедление фаз развития растений и усиление ростовых процессов под действием некорневых подкормок комплексными удобрениями.

2. Оптимизация водопотребления, фотосинтетической деятельности и хода производственного процесса под влиянием некорневых подкормок комплексными удобрениями;

3. Наибольшее повышение продуктивности топинамбура под влиянием некорневых подкормок комплексными удобрениями Акварин 5, Фолирус Премиум и Гумат +7.

4. Получение дополнительной прибыли и повышение рентабельности производства при возделывании топинамбура по технологии с использованием некорневых подкормок комплексными удобрениями с микроэлементами.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена использованием проверенных методик и статистической обработкой экспериментальных данных.

Материалы диссертации доложены на 5 научных конференциях проводимых в 2021-2023 гг.:

1) Национальная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы и перспективы развития». Тверь, 09-11 февраля 2021 года;

2) Международная научно-практическая конференция «Развитие научно-инновационного потенциала аграрного производства: проблемы, тенденции, пути решения». Тверь, 25 октября 2022 года;

3) Всероссийская (Национальная) научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития науки и образования». Тверь, 14 февраля 2023 года;

4) Международная научно-практическая конференция «Приоритетные научные исследования в области производства и переработки плодоовощного сырья и винограда». Махачкала, 12-13 сентября 2023 года;

5) XXVIII Каргинские чтения – Всероссийская молодежная научно-техническая конференция: «Физика, химия и новые технологии». Тверь, 01-02 апреля 2022 года.

Материалы диссертации обсуждались на Специализированном конкурсе XIX ежегодной специализированной выставки «Изобретатель и рационализатор – 2022», Тверь, и на XIII Специализированной выставке «Молодой изобретатель-рационализатор 2022». Тверь, получены 2 диплома победителя, акт внедрения в производство.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе три в журналах, рекомендованных ВАК РФ: «Кормопроизводство», «Вестник Алтайского государственного аграрного университета» и «Молочнохозяйственный вестник».

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 136 страницах, содержит 29 таблиц, 8 рисунков, состоит из введения, 3 глав, выводов, заключения, предложений производству, библиографического списка использованной литературы, который включает 176 наименований, в том числе 21 на иностранных языках, 5 приложений.

Благодарности: Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, заслуженному деятелю науки РФ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору **Усановой Зое Ивановне**, а также сотрудникам кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования за методическую помощь в работе над диссертацией.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Особенности биологии и удобрения топинамбура при использовании разных видов удобрений и способов их применения (обзор литературы)

Проведен анализ научной литературы по особенностям биологии топинамбура, влиянию удобрений, в том числе комплексных, на формирование урожайности, сроков и видов некорневых подкормок на продуктивность клубнеплодов.

Дается заключение о необходимости углубления исследований по использованию комплексных удобрений и других препаратов при некорневых подкормках топинамбура в условиях Центрального Нечерноземья РФ.

2. Методика проведения исследований

Исследования выполнялись в 2021 – 2023 гг. в двухфакторном полевом опыте, на опытном поле Тверской ГСХА на дерново-подзолистой остаточно карбонатной глееватой почве на морене, легкосуглинистой по гранулометрическому составу. До закладки опыта в почве содержалось гумуса (по Тюрину) 1,51%, легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) 74,1 мг/кг, P_2O_5 – 308мг/кг и K_2O – 121,4 мг/кг (по Кирсанову), рН сол. 4,94.

Схема опыта включала факторы:

Фактор А – вид комплексного удобрения при некорневой подкормке:
 A_1 –фон ($N_{64}P_{64}K_{64}$), контроль, опрыскивание водой, 300 л/га расход рабочей жидкости;

A_2 –фон ($N_{64}P_{64}K_{64}$) + Акварин 3, 0,8 кг/га;

A_3 –фон ($N_{64}P_{64}K_{64}$) + Акварин 5, 1,3 кг/га;

A_4 –фон ($N_{64}P_{64}K_{64}$) + Фоликус Премиум, 5 л/га;

A_5 –фон ($N_{64}P_{64}K_{64}$) + Гумат +7, 2 л/га.

Фактор В – способ применения:

B_1 – одна некорневая подкормка комплексными удобрениями при высоте растений 10-15 см;

B_2 – две некорневые подкормки комплексными удобрениями: первая - при высоте растений 10-15 см, вторая - при высоте растений 40-50 см.

Площадь учетных делянок:

по А – 42 м² (4,2 м × 10 м)

по В – 21 м² (4,2 м × 5 м)

Повторность опыта – четырехкратная, размещение вариантов систематическое.

Всего вариантов 2*5=10 шт. Всего делянок 10*4=40 шт.

Объектом исследований является сорт Скороспелка.

Фон – азофоска N₆₄P₆₄K₆₄

Характеристика объектов исследований: топинамбур сорт Скороспелка (авторы – Устименко-Бакумовский Г.В., Усанова З.И) раннеспелый, клубневого направления.

Комплексные удобрения с микроэлементами:

Акварин 3 – комплексное безбалластное неорганическое водорастворимое удобрение (калийная группа Акваринов, содержащая 35% калия, на 1 га 0,8 кг), микроэлементы в хеллатной форме;

Акварин 5 – водорастворимое комплексное минеральное удобрение с хелатным комплексом микроэлементов (доза на 1 га – 1,3 кг);

Фолирус Премиум – универсальное комплексное макро- и микроудобрение, жидкая препаративная форма, микроэлементы в хелатной форме (доза на 1 га – 5 л);

Гумат +7 – содержит до 88% солей гуминовых кислот и 7 основных микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности растений, порошок, растворимый в воде (дозы на 1 га – 2 л).

Исследования проводили по современным методикам: рост и развитие – по методике З.И. Усановой, 2015; определение фотосинтетической деятельности растений в агроценозе – по методике И.С. Шатилова, М.К. Каюмова, 1978, 1989, З.И Усановой, 2015; содержание сухого вещества по ГОСТ 31646-2012, п.7.3.1.; массовой доли растворимых углеводов (сахаров) по ГОСТ 26176-2019 п.8.; массовой доли сырого протеина по ГОСТ 13496-2019 п.8.

Математическая обработка результатов выполнена методами дисперсионного, кореляционного, регрессивного анализов с использованием программы STRAZ по методике Б.А. Доспехова, 1985.

Оценка экономической эффективности производства топинамбура проведена на основе технологических карт, существующих в настоящее время цен на продукцию, семена, ГСМ, удобрения и другие материально-технические ресурсы. Технологические карты составляли по каждому варианту опыта.

Технология топинамбура в опытных посадках. Соблюдали запрограммированную малозатратную технологию, рекомендованную для Верхневолжья. Срок посадки 1-2 декады октября предыдущего года. Способ посадки 70×30 см, густота стояния 47,6 тыс. растений на 1 га. Удобрения N₆₄P₆₄K₆₄ – весной под первую довсходовую междурядную обработку. Уход состоял из 2-3 междурядных обработок КОН-2,8 ПМ и некорневых

подкормок по схеме опыта. Уборка урожая проводилась в 1 декаде октября. Норма удобрений достаточна для получения с гектара: всего фитомассы (надземная часть + клубни) по N – 88, по P₂O₅ – 67, по K₂O – 89 тонн.

Погодные условия в годы исследований отличались от среднемноголетней нормы ходом среднесуточных температур и распределением осадков. 2022 г. отличался холодным сентябрем, особенно в 1 декаде, когда температура была на 4,4 °С ниже нормы, а 2023 г. наоборот, очень теплым сентябрем, когда температура за месяц была на 3,6 °С выше нормы, что оказало положительное влияние на рост клубней. В сумме за период от всходов до уборки топинамбура температура воздуха составила в 2021 г. - 2223°C, 2022 г. - 2027°C и 2023 г. - 2089°C при норме 1922°C, а сумма осадков – 317, 285 и 278 мм или 99,8, 94,9 и 86,6% от нормы. ГТК (по Селянинову) составил соответственно по годам: 1,42; 1,43; 1,33 при норме за эти периоды – 1,58; 1,62 и 1,67.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. Формирование урожайности и продуктивность топинамбура при применении в технологии возделывания некорневых подкормок комплексными удобрениями

3.1. Рост и развитие топинамбура при применении некорневых подкормок

Некорневые подкормки комплексными удобрениями оказывали слабое влияние на развитие растений, ускоряя или замедляя прохождение фаз развития.

Наибольшее действие на развитие растений оказывали удобрения Фолирус Премиум и Гумат +7 при двукратном опрыскивании посадок. В разные годы они сокращали продолжительность периода «всходы-бутонизация» на 5,7-6,6%, увеличивали период цветения на 15,8%, отцветания – на 9,7-17,3%. В среднем за три года, отмечалось достоверное сокращение периода «всходы-бутонизация» (на 4 дня – 6,6%) и увеличение периода «цветение-отцветание» (на 3 дня – 9,7%) от двукратных подкормок удобрениями Фолирус Премиум и Гумат +7.

Некорневые подкормки оказали значительное влияние на рост растений в высоту (таблица 1).

Обработка всеми изучаемыми комплексными удобрениями усиливала рост растений в высоту. Наибольшей высоты топинамбура достиг при одном опрыскивании в варианте с Акварином 3 (200 см), при двух – Фолирус Премиум (207 см) при высоте растений в контролях 1 и 2 – 194 и 187 см.

Прирост высоты растений за весь период наблюдений увеличился при одной подкормке на 5-9 см, при двух на 11-19 см. Однако среднесуточный прирост высоты при одной и двух подкормках был одинаковым – 3,0 см. Большее влияние на этот показатель оказала некорневая подкормка Акварином 5 при одном опрыскивании и Фолирус Премиум при двух, где он возрос на 0,2 и 0,4 см.

Таблица 1. Изменение высоты растений под влиянием некорневых подкормок топинамбура, см, среднее за 2021-2023 гг.

Вид удобрения (A)	Конечная высота растений, см		Прирост высоты за период наблюдений, см		Среднесуточный прирост, см	
	Количество подкормок (B)					
	B ₁ - 1 подкормка	B ₂ - 2 подкормки	B ₁ - 1 подкормка	B ₂ - 2 подкормки	B ₁ - 1 подкормка	B ₂ - 2 подкормки
Контроль	194	187	147	144	2,9	2,8
Акварин 3	200	199	153	155	3,0	3,0
Акварин 5	199	203	156	160	3,1	3,1
Фолерус Прем.	199	207	154	163	3,0	3,2
Гумат +7	196	198	152	157	3,0	3,0
В среднем по удобрениям	198,5	201,8	153,8	158,8	3,03	3,08
HCP₀₅ част.раз.	20,13		15,67		0,30	
HCP₀₅ по А	4,87		3,79		0,07	
HCP₀₅ по В	12,7		9,92		0,19	

3.2. Влагообеспеченность и водопотребление топинамбура

Влагообеспеченность топинамбура в годы исследований мало различалось между собой. Суммарное водопотребление (W) колебалось от 424 мм в 2023 г. до 476, 6 мм в 2021 г. Различие состояло в распределении осадков в течение вегетации. Наибольшее совпадение дефицита влаги с критическим периодом по ее потреблению растениями (репродуктивный период) наблюдалось в 2021 г., что сопровождалось снижением урожайности и повышением расхода влаги на единицу сухой фитомассы (K_w биол.) и клубней (K_w тов.) (таблица 2).

Таблица 2. Биологические (K_w биол.) и товарные (K_w тов.) коэффициенты водопотребления топинамбура в 2021-2023 гг. в зависимости от некорневой подкормки

Вид удобрения (A)	Кол-во подкор мок (B)	K_w биол.				K_w тов.			
		2021	2022	2023	средн ее	2021	2022	2023	средн ее
Контроль	1 подкормка	405,6	230,4	173,6	269,9	195,3	60,1	95,7	117,0
Акварин 3		245,8	179,1	95,1	173,3	133,1	49,9	57,9	80,3
Акварин 5		321,6	316,9	74,9	237,8	136,6	54,8	49,5	80,3
Фоликус Прем.		307,9	250,9	177,3	245,4	172,1	50,4	45,4	89,3
Гумат +7		266,7	171,6	167,0	201,8	150,3	56,2	57,5	88,0
В среднем по удобрениям		285,5	229,6	128,6	214,6	148,0	52,8	52,6	84,5
Контроль	2 подкормки	482,0	208,9	109,1	266,7	190,6	68,0	73,1	110,6
Акварин 3		313,8	167,6	96,9	192,8	137,0	56,5	45,7	79,7
Акварин 5		323,6	305,2	91,2	240,0	152,7	66,9	46,8	88,8
Фоликус Прем.		378,0	238,1	81,5	232,5	130,6	68,7	36,8	78,7
Гумат +7		228,8	172,2	85,9	162,3	111,9	64,2	35,2	70,4
В среднем по удобрениям		311,1	220,8	88,9	206,9	133,1	64,1	41,1	79,4
HCP₀₅ част.раз.		21,4				9,8			
HCP₀₅ по А		8,83				4,1			
HCP₀₅ по В		15,09				6,9			

Некорневые подкормки всеми комплексными удобрениями во все годы способствовали снижению расхода воды растениями и коэффициентов водопотребления.

В среднем за 3 года, наименьшими K_w биол. отличались варианты с некорневыми подкормками: при одном опрыскивании Акварином 3, при двух – Гуматом +7. По сравнению с контролем 1 и 2 снижение составило 35,8 и 39,1%.

K_w тов. наименьших показателей достигли в вариантах: при одной подкормке Акварином 3 и Акварином 5, при двух – Гуматом +7. Экономия воды достигла 45,4 и 27,4%.

Двукратная подкормка не оказала существенного влияния на коэффициенты водопотребления.

При программировании урожайности топинамбура по влагообеспеченности (ДВУ) целесообразно использовать средние по годам и подкормкам коэффициенты: K_w биол. – 220, K_w тов. - 88 $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$ или $\text{м}^3/\text{т}$.

3.3. Фотосинтетическая деятельность топинамбура

Ассимиляция углекислоты происходит в зеленых органах растения. Наибольшую роль в этом процессе играют листья. Топинамбур способен сформировать большую площадь листьев одного растения и агроценоза в целом (таблица 3).

Таблица 3. Площадь листьев одного растения (см^2) и агроценоза ($\text{тыс.м}^2/\text{га}$) в зависимости от некорневых подкормок, среднее за 3 года, в период максимума – фаза цветения

Вид Удобрения (A)	Одного растения, см^2		Агроценоза, $\text{тыс.м}^2/\text{га}$	
	Количество подкормок (B)			
	B1 - 1 подкормка	B2 - 2 подкормки	B1 - 1 подкормка	B2 - 2 подкормки
Контроль	7287	7071	34,67	33,61
Акварин 3	12496	11309	61,02	53,81
Акварин 5	11324	10921	53,88	51,98
Фолирус Премиум	10272	11803	48,89	56,18
Гумат +7	8615	10781	41,01	51,30
В среднем по удобрениям	10677	11204	51,20	53,32
HCP₀₅ част.раз.	1032,8		4,94	
HCP₀₅ по А	251,2		2,08	
HCP₀₅ по В	313,8		3,13	

Некорневые подкормки увеличивали площадь листьев одного растения и агроценоза, но действие разных удобрений было неодинаковое. При одном опрыскивании наибольшая площадь листьев одного растения (12496 см^2) и агроценоза ($61,02 \text{ тыс.м}^2/\text{га}$) была сформирована в варианте с комплексным удобрением Акварин 3. При двух опрыскиваниях лучшими эти показатели были с некорневой подкормкой Фолирус Премиум (11803 см^2 и $56,18 \text{ тыс.м}^2/\text{га}$).

В среднем по удобрениям, две подкормки имели небольшое преимущество перед одной, прибавки составили 288 см² и 1,36 тыс.м²/га. Две подкормки имели существенное преимущество перед одной в варианте с применением удобрения Гумат +7, прибавки составили 1566 см² и 10,29 тыс.м²/га.

Выявлено, что рост площади листьев у топинамбура не заканчивается к уборке урожая (рисунок 1,2). В фазу цветения она достигает максимума и снижается после отцветания с наступлением низких температур в сентябре, примерно на 30% от максимума.

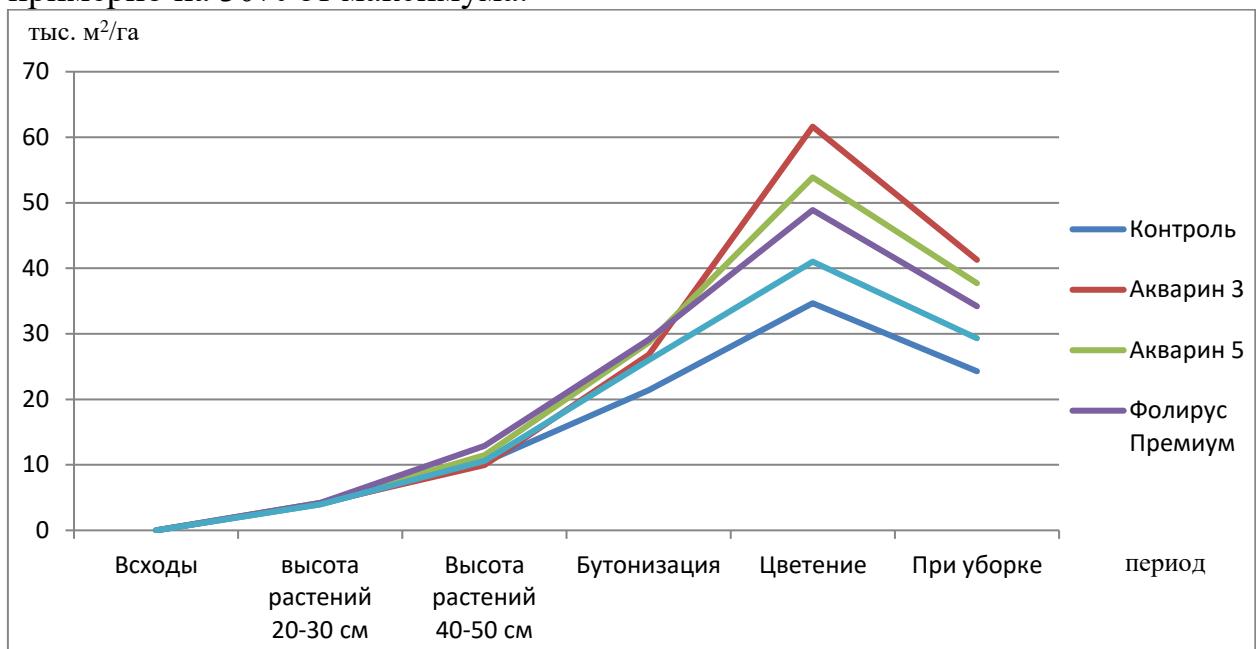


Рисунок 1. Динамика роста площади листьев агроценоза топинамбура при однократной обработке (в тыс. м²/га), в среднем за 3 года

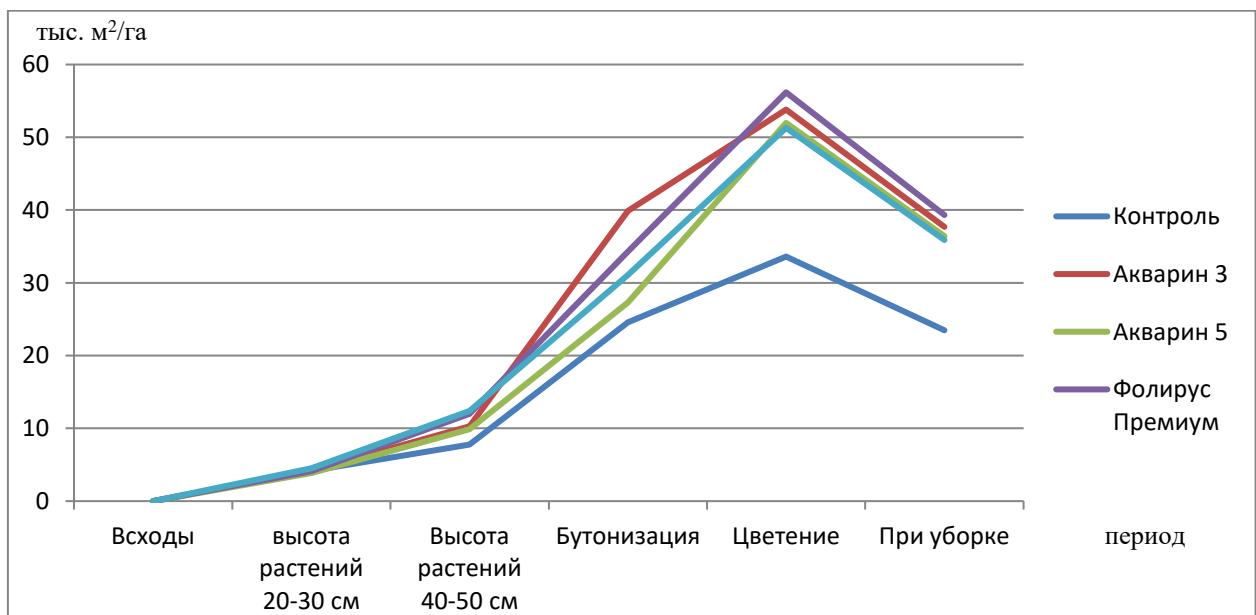


Рисунок 2. Динамика роста площади листьев агроценоза топинамбура при двухкратной обработке (в тыс. м²/га), в среднем за 3 года

Некорневые подкормки всеми изучаемыми комплексными удобрениями повышали площадь листвьев топинамбура и оптимизировали графики роста площади листьев.

Суммарный за вегетацию фотосинтетический потенциал агроценоза ($\Sigma\text{ФПП}$) топинамбура зависел от агрометеорологических условий, некорневых подкормок и вида удобрения (таблица 4).

Самый низкий $\Sigma\text{ФПП}$ сформировался в 2021 г., когда в начале вегетации (май-июнь) создавалось избыточное увлажнение с последующей засухой в июле и августе. Он составил 1359 (одна подкормка) и 1148,7 (две подкормки) тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$ и был меньше, чем в 2022 и 2023 гг. на 569-921,4 и 1446-2121 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$.

Все подкормки оказали положительное влияние на величину $\Sigma\text{ФПП}$. Наибольшим действием обладал Акварин 3, который увеличил $\Sigma\text{ФПП}$ по сравнению с контролем в 1,5 раза (одно опрыскивание) и 1,4 раза (два опрыскивания). Двукратная подкормка увеличила $\Sigma\text{ФПП}$ на 132, 1 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$, что меньше, чем НСР₀₅.

Таблица 4. Суммарный за вегетацию фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура при разных некорневых подкормках и производительность ФПП, среднее за 2021-2023 гг.

Вид удобрения (А)	Кол-во подкормок (В)	$\Sigma\text{ФПП}$ тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$	Получено на 1000 ед. ФПП, кг	
			клубней	всего фитомассы
Контроль	1 подкормка	1606,1	30,5	52,6
Акварин 3		2403,8	27,9	48,5
Акварин 5		2283,3	32,2	56,3
Фолирус Премиум		2126,5	33,9	56,3
Гумат +7		1734,4	34,2	55,9
В среднем по удобрениям		2137,0	32,1	54,3
Контроль	2 подкормки	1752,8	31,0	53,3
Акварин 3		2406,2	27,7	47,3
Акварин 5		2066,1	31,9	54,3
Фолирус Премиум		2410,1	31,2	50,6
Гумат +7		2179,3	34,3	57,6
В среднем по удобрениям		2265,4	31,3	52,5
НСР₀₅ для частных различий		212,7	2,08	3,60
НСР₀₅ для удобрения		52,5	0,87	1,49
НСР₀₅ для кол-ва подкормок		134,6	1,47	2,54

Некорневые подкормки, как правило, увеличивали производительность ФПП. Исключение составил вариант с Акварином 3, у которого этот показатель был меньше, чем в контроле на 2,6-3,3 кг по клубням и на 4,1-6,0 кг по урожаю биомассы в целом (надземная масса + клубни). В этом варианте повышение урожайности происходило за счет больших размеров ассимиляционной поверхности.

Наибольшей производительностью ФПП отличался вариант с некорневой подкормкой Гуматом +7, где получено 34,2 и 34,3 кг клубней на 1000 единиц ФПП и всего биомассы 55,9 и 57,6 кг.

Двукратная подкормка не способствовала росту производительности ФПП.

Накопление сырой и сухой фитомассы топинамбура

Некорневые подкормки усиливали ход производственного процесса, увеличивая в сравнении с контролем сырую, сухую массу каждого растения и урожай сухой фитомассы (рисунок 3, таблица 5).

Накопление сырой фитомассы в течение вегетации представлено на рисунке 3, на примере 2023 г. Показано, что во все периоды роста и развития масса одного растения в вариантах некорневой подкормки была больше, чем в контроле и зависела от вида удобрения. Наибольший прирост сырой фитомассы к концу вегетации обеспечивали Фоликус Премиум (одна подкормка) и Гумат +7 (две подкормки).

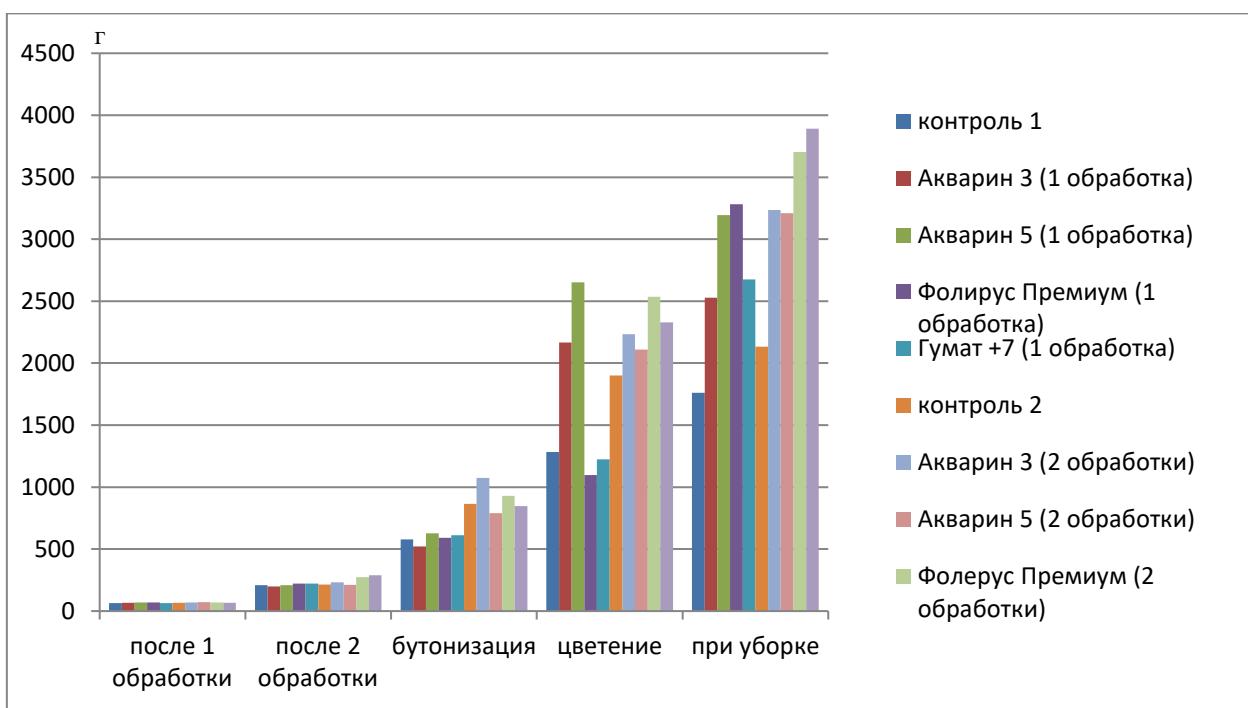


Рисунок 3. Динамика накопления сырой фитомассы (надземная масса + клубни) одного растения топинамбура при применении некорневых подкормок, 2023 год, г

Сухая фитомасса одного растения и агроценоза в целом наибольших показателей достигла в вариантах с Акварином 3 (одна подкормка) и Гуматом +7 (две подкормки). Прибавки урожая сухой фитомассы составили 60,6 и 37,2% (таблица 5).

Действие удобрений на накопление сухого вещества в органах растения (листьях, стеблях, клубнях) сильнее проявились на клубнях. В фазу цветения содержание сухого вещества в клубнях в большей мере увеличилось от Фоликус Премиум (на 6,23%) и Акварина 5 (на 2,57%).

Таблица 5. Сырая и сухая масса 1 растения (г) и урожай сухой фитомассы (ц/га), среднее за 2021-2023 гг.

Вид удобрения (A)	Кол-во подкормок (B)	Масса одного растения, г		Урожай сухой фитомассы	
		сырая (x)	сухая (xv)	ц/га	%
Контроль	1 подкормка	1766	386,1	183,8	0,0
Акварин 3		2373	618,9	294,6	160,6
Акварин 5		2462	597,0	284,2	154,6
Фолирус Премиум		2537	397,9	189,4	103,0
Гумат +7		2205	418,3	229,1	124,6
В среднем по удобрениям		2394,3	508,0	249,3	135,7
Контроль	2 подкормки	1878	487,8	232,2	0,0
Акварин 3		2385	595,4	283,4	122,0
Акварин 5		2326	528,9	251,8	108,4
Фолирус Премиум		2517	581,2	276,7	119,2
Гумат +7		2673	669,4	318,6	137,2
В среднем по удобрениям		2475,3	593,7	282,6	121,7
HCP₀₅ для частных различий		152,9	36,11	17,37	
HCP₀₅ для удобрения		63,15	14,91	7,17	
HCP₀₅ для кол-ва подкормок		53,16	25,49	12,26	

Примечание: x) при уборке, xv) фаза цветения

Чистая продуктивность фотосинтеза и коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза

Топинамбур сорта Скороспелка характеризовался высокими показателями средней за вегетацию чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). В контрольных вариантах она колебалась от 10,52 до 14,11 г/м²×сутки (таблица 6). Некорневые подкормки не оказали на нее стабильного влияния. В отдельные годы положительное действие обеспечивали Акварин 3, Гумат +7, Фолирус Премиум. В среднем за 3 года, увеличение ЧПФ наблюдалось в вариантах с Акварином 3 (на 0,513) и Гуматом +7 (на 1,955 г/м²×сутки) при одной подкормке и с Гуматом +7 (на 1,497 г/м²×сутки) при двух.

Влияние некорневых подкормок на К_{хоз} различалось по годам. В фазу цветения (середина сентября) он колебался по годам от 0,27-0,28 (2022 г.) до 0,50-0,51 (2023 г.). Наиболее сильное влияние некорневых подкормок проявилось в 2023 г., который отличался исключительно теплым и сухим сентябрем, благоприятным для накопления урожая клубней. Наибольших значений в этом году он достиг в вариантах с одной подкормкой Акварином 3 (0,56) и Фолерус Премиум (0,52), а в вариантах с двумя подкормками – Акварином 5 (0,56) и в контроле. В среднем за 3 года более высокие показатели он имел в контрольных вариантах.

Таблица 6. Средняя за вегетацию чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$), в среднем за 2021-2023 гг.

Вид удобрения (A)	ЧПФ, г/м ² ×сутки		$K_{хоз}$	
	Количество подкормок (B)			
	B ₁ - 1 подкормка	B ₂ - 2 подкормки	B ₁ - 1 подкормка	B ₂ - 2 подкормки
Контроль	11,577	12,967	0,39	0,43
Акварин 3	12,090	11,894	0,38	0,37
Акварин 5	11,491	11,651	0,36	0,40
Фолирус Премиум	8,906	11,197	0,38	0,42
Гумат +7	13,532	14,464	0,32	0,34
В среднем по удобрениям	11,505	12,302	0,36	0,38
HCP₀₅ част.раз.	0,809		0,026	
HCP₀₅ по А	0,334		0,011	
HCP₀₅ по В	0,571		0,018	

3.4. Урожайность, структура и качество урожая топинамбура

Продуктивность топинамбура оценивали по урожаю надземной части растения, клубней и общему сбору сырой фитомассы с гектара (таблица 7). Она явилась результатом фотосинтетической деятельности и хода продукционного процесса топинамбура. Существенное улучшение этих процессов при применении некорневых подкормок способствовало росту урожайности топинамбура во все годы исследований.

В среднем за три года, сформированная урожайность в контрольных вариантах была близка к расчетной, которую можно было получить при внесении доз удобрений N₆₄P₆₄K₆₄. Некорневые подкормки комплексными удобрениями существенно повысили урожайность.

Наибольшие прибавки урожая, в среднем за 3 года, при однократном опрыскивании получены в вариантах: по надземной части с Акварином 5 (14,9 т/га или 41,4%), по клубням – с Фолирус Премиум (22,92 т/га или 47,1%), по сумме урожаев – с Акварином 5 (34,5 т/га или 41,5%) и Фолерус Премиум (34,8 т/га или 41,9%); при двукратном опрыскивании – в вариантах с Гуматом +7 по всем показателям продуктивности: надземной части (14,9 т/га или 40,8%), клубням 27,9 т/га или 56,8%, фитомассе (42,8 т/га или 50,0%).

Двукратная подкормка, в среднем по удобрениям, не обеспечила существенных прибавок урожая по всем показателям продуктивности. Достоверной была только прибавка при некорневой подкормке Гуматом +7 по клубням (10,7 т/га, 17,5%) и общему урожаю фитомассы (22,6 т/га, 21,4%).

Некорневые подкормки улучшили структуру урожая клубней топинамбура во все годы исследований. В среднем за 3 года, количество клубней на одном растении возрастало при одном опрыскивании растений с 17 до 26 шт, при двух – с 17 до 25 шт. Максимальное увеличение отмечалось соответственно в вариантах с Фолирус Премиум и Гуматом +7.

Таблица 7 – Урожайность топинамбура в зависимости от некорневых подкормок комплексными удобрениями, т/га 2021-2023 гг.

Кол-во подкормок (B)	Вид удобрения (A)	Надземная часть растений				Клубни				Сумма			
		2021	2022	2023	средня я	2021	2022	2023	средн яя	2021	2022	2023	средн яя
B ₁	Контроль	13,2	55,2	39,5	36,0	24,4	72,7	44,3	47,1	37,6	127,9	83,8	83,1
	Акварин 3	20,9	76,3	47,2	48,1	35,8	87,6	73,2	65,5	56,7	163,9	120,4	113,7
	Акварин 5	22,8	63,3	66,5	50,9	34,9	79,7	85,6	66,7	57,7	143,0	152,1	117,6
	Фолирус Премиум	19,1	63,9	62,8	48,6	27,7	86,7	93,4	69,3	46,8	150,6	156,2	117,9
	Гумат +7	23,5	57,1	53,7	44,8	31,7	77,7	73,7	61,0	55,2	134,8	127,3	105,8
В среднем по удобрениям		21,6	65,2	57,6	48,1	32,5	82,9	81,5	65,6	54,1	148,1	139,0	113,8
B ₂	Контроль	11,0	54,9	43,7	36,5	25,0	64,3	58,0	49,1	35,9	119,2	101,6	85,6
	Акварин 3	18,5	58,1	61,4	46,0	34,8	77,3	92,7	68,3	53,3	135,4	154,1	114,3
	Акварин 5	19,8	58,1	62,2	46,7	31,2	65,3	90,6	62,4	51,0	123,4	152,8	109,1
	Фолирус Премиум	17,0	70,4	61,2	49,5	36,5	63,6	115,1	71,7	53,5	134,0	176,2	121,2
	Гумат +7	25,1	64,3	64,8	51,4	42,6	68,1	120,4	77,0	67,6	132,4	185,2	128,4
В среднем по удобрениям		20,1	62,7	62,4	48,4	36,3	68,6	104,7	69,9	56,4	131,3	167,1	118,3
+/- к 1 подкормке		-1,5	-2,5	4,8	0,3	3,8	-14,3	23,2	4,3	2,3	-16,8	28,1	4,5
HCP ₀₅ для частных различий		3,19	4,39	4,92	4,17	3,75	3,96	4,97	4,23	6,94	8,35	6,9,4	7,41
HCP ₀₅ для удобрений		1,43	1,55	2,20	1,73	1,68	1,40	2,22	1,77	3,11	2,95	3,1,1	3,06
HCP ₀₅ для кол-ва подкормок		2,25	3,10	3,48	2,94	2,65	2,80	3,51	2,99	4,90	5,90	4,9,0	5,23

Средняя масса одного клубня увеличивалась при одной подкормке с 57 до 67 г, при двух – с 60 до 68 г, максимум отмечен от подкормки Акварином 5 и Гуматом +7. Наибольшая масса клубней с 1 растения сформировалась в вариантах с Фолирус Премиум – 1453 г (одна подкормка) и Гуматом +7 – 1617 г (две подкормки).

Качество урожая клубней оценивали по содержанию в абсолютно - сухом веществе растворимых углеводов и сырого протеина. Выявлено, что повышение содержания этих питательных веществ неодинаково проявляется в разные годы.

Массовая доля растворимых углеводов (сахаров) возрастила в 2021 г. от Акварина 3 (на 1,1 %), Акварина 5 (на 1,7%), Гумата +7 (на 1,6%) при одной подкормке, в 2022 г. от Акварина 3 (на 1,3 %) при двух подкормках, в 2023 – от Акварина 3, Акварина 5 и Гумата +7 (на 0,3-0,5%). В среднем за 3 года, более высокое содержание растворимых углеводов отмечалось в контрольных вариантах 70,3 и 69,9% (на абс. сухое вещество).

Количество сырого протеина, в среднем за 3 года, увеличивалось от однократного опрыскивания Акварином 3 (на 0,7%), Фолирус Премиум (на 0,8%) и от двукратного – Акварином 5 (на 0,8%).

Все некорневые подкормки увеличивали выход питательных веществ с гектара (таблица 8).

Таблица 8 – Выход питательных веществ с урожаем клубней топинамбура, ц/га, 2021-23 гг.

Кол-во подкормок (B)	Вид удобрения (A)	Сухое в-во, %	Растворимые углеводы				Сырой протеин			
			2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
B ₁	Контроль	22,76	39,7	115,7	70,5	62,2	3,2	11,0	6,3	6,8
	Акварин 3	22,20	57,6	127,6	113,6	80,3	4,3	16,6	11,4	10,8
	Акварин 5	23,45	59,9	126,2	141,1	87,7	3,9	14,0	12,3	10,1
	Фолирус Премиум	22,75	45,8	133,6	149,3	87,9	3,4	17,5	15,1	12,0
	Гумат +7	21,20	49,0	110,7	109,8	72,7	3,1	12,7	10,0	8,6
В среднем по удобрениям		22,4	53,1	124,5	128,5	82,2	3,7	15,2	12,2	10,4
B ₂	Контроль	21,40	38,8	92,5	86,7	59,9	2,4	11,7	7,8	7,3
	Акварин 3	22,75	54,8	120,7	147,5	86,4	4,0	12,2	13,9	10,0
	Акварин 5	20,42	44,4	86,9	128,6	70,1	3,4	13,3	12,4	9,7
	Фолирус Премиум	21,21	53,4	87,8	169,5	83,0	4,0	10,7	15,9	10,2
	Гумат +7	22,55	66,7	100,2	189,4	94,7	4,6	12,3	17,4	11,4
В среднем по удобрениям		21,7	54,8	98,9	158,8	83,6	4,0	12,1	14,9	10,3
+/- к 1 подкормке		-0,7	1,7	-25,6	30,3	1,4	0,3	-3,1	2,7	-0,1

Более высокий выход сахаров, в среднем за 3 года, при одной подкормке обеспечило применение Акварина 5 (87,7 ц/га) и Фолируз Премиум (87,9 ц/га), а при двух – Гумата +7 (94,7 ц/га), прибавки к контролям составили соответственно 25,5-25,7 ц/га (41,0-41,3%) и 34,8 ц/га (58,1%).

В среднем за 3 года, наибольший выход сырого протеина с урожаем топинамбура наблюдался при одной подкормке в варианте с Фолируз Премиум (12 ц/га), при двух – с Гуматом +7 (11,4 ц/га), прибавки к контролям составили 5,2 ц/га (76,5%) и 4,1 ц/га (56,2%).

Двукратное опрыскивание не обеспечило достоверного повышения выхода питательных веществ с гектара посадок топинамбура.

Результаты корреляционного анализа показали, что все компоненты урожая топинамбура (надземная часть, клубни, общая фитомасса) находятся в разной зависимости от показателей фотосинтетической деятельности растений в агроценозе.

В наиболее сильной прямой положительной связи с урожаем надземной части, клубней, фитомассы находится высота растений, коэффициент корреляции «*t*» равен соответственно 0,924; 0,892; 0,921 при высоких значениях фактических критериев Стьюдента (12,825; 10,455; 12,493), которые значительно выше их табличных значений ($t_{05} = 2,1$).

На втором месте по силе связи находится ФПП. Коэффициент корреляции «*t*» с урожаем ботвы – 0,678; клубней – 0,714; фитомассы – 0,741 при фактических значениях «*t*» выше табличных.

В менее тесной, но существенной связи с урожаем находится максимальная площадь листьев, когда коэффициент корреляции равен 0,407-0,514, она существенная, так как $t_{\text{фак}} > t_{\text{табл}}$.

По этим вариантам зависимости урожая от показателей фотосинтетической деятельности получены надежные уравнения регрессии..

Отсутствует существенная связь урожайности с $K_{\text{хоз}}$ – коэффициентом хозяйственной эффективности фотосинтеза. Фактические критерии *t* и F меньше табличных.

Расчеты экономической эффективности показали, что возделывание топинамбура экономически выгодно во всех вариантах опыта.

Выявлено, что некорневые подкормки всеми изучаемыми комплексными удобрениями существенно повышали условно чистый доход (УЧД), уровень рентабельности производства и снижали себестоимость клубней. Самый высокий УЧД получен в вариантах: при одной подкормке – с Акварином 5 и Фолируз Премиум (1054,4 и 1091,9 тыс.руб./га), при двух – с Гуматом +7 (1251,2 тыс.руб./га). Прибавки к контролям 1 и 2 составили соответственно 402,7-440,2 тыс.руб./га (61,8-67,5%) и 560,6 тыс.руб./га (81,2%).

Получен высокий уровень рентабельности производства, что объясняется невысокими производственными затратами и высоким УЧД. Наиболее значительным он был в тех же вариантах, что и УЧД, а именно: при одном опрыскивании удобрениями Акварин 5, Фолируз Премиум (292,0-

294,1%), при двух – Гуматом +7 (336,7%). Увеличение по сравнению с контролем 1 и 2 составило 104,8-106,9 и 139,1 абсолютных %.

Самая низкая себестоимость клубней отмечена при одной подкормке Акварином 5 и Фолирус Премиум (541,4-536,0 руб/ц) и при двух подкормках Гуматом +7 (482,4 руб/ц). По сравнению с контролем 1 и 2 снижение составило 197,5 – 202,9 руб./ц (26,7-27,5%) и 229,5 руб./ц (32,2%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Топинамбур сорта Скороспелка на хорошо окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации на удобренном фоне ($N_{64}P_{64}K_{64}$) может формировать высокопродуктивные агроценозы с урожайностью сырой фитомассы до 128 т/га, клубней до 77 т/га при применении в технологии возделывания некорневых подкормок комплексными удобрениями с микроэлементами.

2. Некорневые подкормки оказывают слабое влияние на развитие растений, вегетационный период от всходов до начала от цветания в разных вариантах в среднем за 3 года равнялся 110-111 дням.

Наибольшее действие на развитие растений оказали комплексные удобрения Фолирус Премиум и Гумат +7 при двукратных подкормках, которые в разные годы сокращали продолжительность периода «всходы-бутонизация» на 5,7-6,6%, увеличивали периоды: «бутонизация-цветение» на 15,8%, «цветение-от цветание» на 9,7-17,3%.

Комплексные удобрения, внесенные в некорневую подкормку, усиливали ростовые процессы топинамбура, увеличивая среднесуточные приrostы высоты растений на 0,1-0,2 см (при одной подкормке), на 0,2-0,4 см (при двух). Наибольшими они были при одной подкормке Акварином 5 и при двух – Фолирус Премиум.

3. Суммарное водопотребление (W) топинамбура мало различалось по годам. Некорневые подкормки изучаемыми комплексными удобрениями способствовали экономному расходу воды, снижали коэффициенты водопотребления. В лучших вариантах: они уменьшались – на 36-39% (биологические) и – на 27-46% (товарные). Наименьшие биологические коэффициенты водопотребления наблюдались: при одном опрыскивании Акварином 3 (173,3 $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$), при двух – Гуматом +7 (163,2 $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$), а товарные – соответственно Акварином 3 и Акварином 5 (80,3 $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$) и Гуматом +7 (70,4 $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$). При программировании урожайности топинамбура рекомендуется использовать биологический коэффициент водопотребления – 220, товарный - 88 $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$ (или $\text{м}^3/\text{т}$).

4. Некорневые подкормки комплексными удобрениями повышали фотосинтетические параметры агроценоза топинамбура: площадь листьев до 61,62 и 56,18 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, фотосинтетический потенциал до 2403,8 и 2410 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$ при однократном опрыскивании Акварином 3 и двукратном – Фолирус Премиум.

Максимальной производительностью фотосинтетического потенциала агроценоза топинамбура отличался вариант технологии с двукратной подкормкой гуминовым удобрением Гумат +7, когда на 1 тыс. единиц ФПП было получено 56,7 кг всего фитомассы, в том числе 34,3 кг за счет клубней.

5. Все изучаемые комплексные удобрения, вносимые в некорневые подкормки, усиливали ход продукционного процесса топинамбура, увеличивая накопление сырой и сухой фитомассы. Наибольшее количество сырой фитомассы накоплено при однократном опрыскивании посадок Фолирус Премиум (2537 г на 1 растение) и двукратном – Гуматом +7 (2673 г), а сухой – при одной подкормке Акварином 3 (618,9 г. на 1 растение), при двух – Фолирус Премиум (669,4 г).

Варианты с одночтатной некорневой подкормкой Акварином 3 и двукратной Фолирус Премиум накопили наибольший урожай сухой фитомассы (294,6 и 318,6 ц/га), прибавки к контролем 1 и 2 составили 60,3 и 37,2 %.

6. Комплексные удобрения, вносимые в некорневые подкормки, усиливали фотосинтетическую деятельность топинамбура, увеличивали накопление сырой и сухой фитомассы, урожайность, структуру и качество урожая, обеспечивая прибавки урожая надземной массы 24,4 – 40,8%, клубней 29,5 – 56,8%, общего сбора сырой фитомассы 27,3 – 50%.

7. Установлены лучшие варианты технологии возделывания топинамбура: 1 – с одной некорневой подкормкой Акварином 5 или Фолирус Премиум, которые отличались более интенсивным ростом растений в высоту, формированием площади листьев на уровне 49-54 тыс.м²/га, ФПП – 2,1-2,3 млн.м²×сутки/га, максимальным приростом сырой фитомассы (2,5 кг на 1 растение), более высоким выходом из урожая клубней растворимых углеводов (87,5-87,9 ц/га) и белка (10,1-12,0 ц/га); 2 – вариант технологии с двумя подкормками Гуматом +7, который характеризовался формированием площади листьев на уровне 51,3 тыс.м²/га, ФПП – 2,2 млн.м²×сутки/га, более высокой в опыте урожайностью клубней (77,0 т/га) и сырой фитомассы – (128,4 т/га), самым экономным расходованием воды на единицу урожая сухой фитомассы (162,3) и клубней (70,4 мм×га/ц), наибольшей производительностью ФПП (57,6 кг сырой фитомассы, в том числе 34,3 кг клубней на 1 тыс.ед. ФПП), максимальным выходом растворимых углеводов с гектара (94,7 ц) и белка (11,4 ц).

8. Эффективность лучших вариантов технологии возделывания подтверждена экономическими расчетами. Они отличались более высоким условно чистым доходом (1054,4 - 1251,2 тыс.руб./га), наибольшим уровнем рентабельности производства (292,0 - 336,7%), самой низкой себестоимостью клубней (541,4 – 482,4 руб./ц).

9. Установлена наиболее сильная прямая положительная корреляционная связь урожайности надземной массы, клубней, сырой фитомассы с высотой растений, коэффициенты корреляции «г» равны соответственно 0,924; 0,892; 0,921 при фактических критериях Стьюдента (t)

существенно выше табличных значений. На втором месте по силе связи находится ФПП. Коэффициент корреляции «г» для урожайности надземной массы составил – 0,678; клубней – 0,714; фитомассы – 0,741 при фактических показателях критерия t значительно выше табличных ($t_{0,05}$).

Получены надежные уравнения регрессии, которые можно использовать при программировании урожайности топинамбура.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ на хорошо окультуренных легкосуглинистых дерново-подзолистых почвах на фоне внесения удобрений $N_{64}P_{64}K_{64}$ рекомендуется:

Выращивание топинамбура сорта Скороспелка по технологии с применением однократной некорневой подкормки при высоте растений 10-15 см комплексными удобрениями Акварин 5 (1,3 кг/га) или Фолирус Премиум (5 л/га), или с двукратной подкормкой при высоте 10-15 и 40-50 см. – Гуматом +7 (2 л/га) с расходом рабочей жидкости 300 л/га, которое обеспечивает получение экономически выгодной урожайности сырой фитомассы (надземная масса+клубни) 118-128 т/га, клубней 67-77 т/га, дополнительный выход с гектара 25,5-34,8 ц растворимых углеводов и 4,1-5,2 ц сырого протеина.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в перечне изданий, рекомендованных ВАК РФ

1. Усанова, З.И. Формирование высокопродуктивных посадок топинамбура за счет применения некорневых подкормок в технологии возделывания / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, М.Н. Павлов // Кормопроизводство. – 2024. – №6. – С. 17-23.
2. Усанова, З.И. Формирование урожайности топинамбура при применении некорневых подкормок комплексными удобрениями / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, М.Н. Павлов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (223). – С. 23-29.
3. Усанова, З.И. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура с применением некорневых подкормок комплексными удобрениями / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, М.Н. Павлов // Молочнохозяйственный вестник. – 2025. – № 1 (57). – С. 149-163.

Публикации в других изданиях

4. Зеленков, В.Н. Перспективы использования топинамбура в создании новых технологий для фармации / В.Н. Зеленков, **И.Н. Смирнова**, О.Л. Сайбель, З.И. Усанова, Т.Д. Даргаева // Приоритетные научные исследования в области производства и переработки плодовоощного сырья и винограда. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2023. С. 481-489.

5. Кириллова, Е.А. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура с применением некорневых подкормок комплексными удобрениями / Е.А. Кириллова, З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова** // XXVIII Каргинские чтения. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Физика, химия и новые технологии». Тверь, 2022. – С. 74.
6. **Смирнова, И.Н.** Влияние удобрений и ростостимулирующих препаратов на продуктивность топинамбура /И.Н. Смирнова// Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2021. – С. 112-115.
7. Усанова, З.И. Влияние некорневых подкормок на рост и развитие топинамбура сорта Скороспелка / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, Е.А. Кириллова // Инновационные технологии в АПК: проблемы и перспективы. Материалы Международной научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2021. – С. 37-40.
8. Усанова, З.И. Использование комплексных удобрений при получении экологически безопасной продукции топинамбура / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, Е.А. Кириллова // Развитие научно-инновационного потенциала аграрного производства: проблемы, тенденции, пути решения / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2022. – С. 118-121.
9. Усанова, З.И. Продуктивность топинамбура при применении некорневых подкормок различными препаратами / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, Е.А. Кириллова // Образование инновации, цифровизация: взгляд регионов. / Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2022. – С. 50-53.
10. Усанова, З.И. Формирование урожайности топинамбура при применении некорневых подкормок комплексными удобрениями / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, Е.А. Кириллова // Проблемы и перспективы развития науки и образования. Материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2023. - С. 109-113.
11. Усанова, З.И. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура с применением некорневых подкормок комплексными удобрениями / З.И. Усанова, **И.Н. Смирнова**, Е.А. Кириллова // Зеленый журнал - Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2022. Выпуск 10. Тверь, 2022. – С. 12-15.