

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТВЕРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

На правах рукописи

Смирнова Ирина Николаевна

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

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: Заслуженный  
деятель науки РФ, доктор  
сельскохозяйственных наук, профессор  
Усанова Зоя Ивановна

Тверь – 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И УДОБРЕНИЯ	
ТОПИНАМБУРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ ВИДОВ	
УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ (ОБЗОР	
ЛИТЕРАТУРЫ).....	
1.1. Агробиологические особенности топинамбура.....	9
1.2. Некорневые подкормки и их влияние на формирование урожайности	
топинамбура .....	17
1.3. Влияние удобрений на формирование урожайности топинамбура.....	22
ГЛАВА II. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	
2.1. Схема опыта и условия проведения исследований .....	34
2.2. Объекты исследований и их характеристика.....	35
2.3. Методика проведения наблюдений и определений.....	38
2.4. Технология топинамбура в опытных посадках.....	41
2.5.Характеристика погодных условий в годы исследований.....	43
ГЛАВА III. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И	
ПРОДУКТИВНОСТИ ТОПИНАМБУРА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ В	
ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК	
КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ .....	
3.1. Рост и развитие топинамбура при применении некорневых	
подкормок.....	45
3.2. Влагообеспеченность и водопотребление топинамбура .....	55
3.3. Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность	
растений топинамбура в разных агроценозах.....	62
3.3.1. Создание площади листьев агроценоза.....	64
3.3.2. Создание фотосинтетического потенциала агроценоза	
(посева).....	69
3.3.3. Ход продукционного процесса топинамбура.....	73
3.3.4. Чистая продуктивность фотосинтеза и коэффициент хозяйствен-	
ной эффективности фотосинтеза.....	81
3.4. Урожайность и структура урожая топинамбура.....	85
3.4.1. Урожайность топинамбура.....	85
3.4.2. Структура урожая клубней.....	88
3.5. Качество урожая клубней топинамбура.....	91
3.6. Корреляционные связи урожайности топинамбура с показателями	
фотосинтетической деятельности и элементами структуры урожая.....	94
3.7. Влияние некорневых подкормок на экономическую эффективность	
производства топинамбура.....	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ .....	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
	101
	104
	105
	121

ПРИЛОЖЕНИЕ А Расчет (определение величины) урожайности топинамбура сорта Скороспелка, которую можно получить при внесении удобрений $N_{64}P_{64}K_{64}$ (балансовый метод).....	122
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Фазы развития растений топинамбура.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ В Фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура.....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Многофакторный дисперсионный анализ.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях.....	135

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследований.** Топинамбур – это многолетнее клубненосное растение, у которого большое хозяйственное значение имеет как надземная зеленая масса, так и клубни (Кочнев Н.К. [50]; Посыпанов Г.С [75]; Усанова З.И. [112]; Hasstings M.N., Follet B.K. [161]). Он характеризуется высокой продуктивностью, экологической пластичностью, ценным химическим составом органов растения, является инулиноносом, имеет пищевое, техническое, кормовое, лечебное применение (Багаутдинова Р.И. [10]; Джанаев К.И., Гобеев В.Н [25]; Корсун В.Ф., Корсун Е.В. [44]; Пасько Н.М [70]; Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Звягинцев П.С. [91]), используется для рекультивации выведенных из оборота земель сельскохозяйственного назначения и как активный фитомелиоратор техногенного нарушенных земель (Зеленков В.Н., Романова Н.Г. [33]; Кочнев Н.К. [52]; Усанова З.И., Осербаев А.К., Зияев К.И., Павлов М.Н. [108]). Лучшие сорта топинамбура в условиях Центрального Нечерноземья РФ формируют высокую урожайность – до 100 и более тонн с гектара сырой биомассы, в том числе до 50 т/га клубней (Гасанова Е.С., Сорокин А.С., Котов В.В. [16]; Светашова Л.А. [84]; Усанова З.И., Смирнова И.Н., Павлов М.Н. [132]; Усанова З.И., Баранов В.В. [133]).

При возделывании топинамбура по технологии с минимальным применением удобрений большое значение в улучшении минерального питания растений имеют некорневые подкормки различными ростостимулирующими препаратами, в том числе комплексными удобрениями с микроэлементами (Данилов К.П., Шашкаров Л.Г. [24]; Зеленков В.Н., Потапов В.В. [30]; Коренков Д.А. [43]; Логинов С.В., Петриченко В.Н. [58]; Петренченко В.Н., Туркина О.С., Харжевская М.В. [73]; Усанова З.И., Мигулов С.П., Павлов М.Н. [130]). Их роль в формировании высокопродуктивных агроценозов топинамбура изучена недостаточно, что является актуальным.

**Степень разработанности темы.** Биологические особенности и минеральное питание, удобрение топинамбура довольно хорошо изучены применительно к разным регионам страны, в том числе Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации (Байбакова Ю.В [4; 5]; Зеленков

В.Н., Романова Н.Г. [33]; Королева Ю.С. [41]; Манохина А.А. [59]; Осербаев А.К. [64]; Павлов М.Н. [66; 67]; Усанова З.И [114]; Устименко-Бакумовский Г.В. [136]).

Вместе с тем мало 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.

В настоящее время отсутствуют официальные данные о площадях посадок топинамбура. По данным В.И. Старовойтова и др. [91] площадь посадок в Российской Федерации составляет более 5 тыс. га, в Центральном Нечерноземье – 0,5 тыс. га. Наибольшая площадь посадок в Липецкой области (1,5 тыс. га), где работает 1-я очередь завода по переработке топинамбура.

**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 комплексные удобрения, обеспечивающие получение наибольших прибавок урожая и улучшения 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 анализы 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 РФ 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 рекомендовано:** Технология возделывания топинамбура в вариантах с применением однократной некорневой подкормки комплексными удобрениями Акварин 5 или Фолирус Премиум, или двукратной – комплексным гуминовым удобрением Гумат +7, обеспечивающие наибольший сбор сырой биомассы 117,6-117,9 и 124 т/га, в том числе 66,7-69,3 и 77 т/га клубней, получение более высокого условно чистого дохода 1054 - 1251 тыс.руб./га и наибольшей рентабельности производства 292,0-294,1 и 336,7%.

**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, [28] 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 производационного 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, проходящих 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 плодовоощного 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.

Получен акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях (Приложение Д).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 3 в журналах, рекомендуемых ВАК РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 136 страницах, содержит 29 таблиц, 8 рисунков, состоит из введения, 3 глав, выводов, заключения, рекомендаций 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.

# ГЛАВА I. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И УДОБРЕНИЯ ТОПИНАМБУРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Агробиологические особенности топинамбура

Топинамбур или земляная груша (*Helianthus tuberosus* L.) – относится к роду *Helianthus* семейства Asteraceae подсемейства Fabuliflora (трубкоцветковые) [74, 128, 139, 155, 167, 176].

Топинамбур представляет собой культуру с выдающимся биологическим потенциалом и уникальным химическим составом. Он находит свое применение в различных отраслях, включая фармацевтику, кормопроизводство и промышленную переработку. Из него получают такие вещества, как инулин, спирт и биотопливо. Кроме того, топинамбур активно используется в рационе человека благодаря своим питательным свойствам. Исследованию данных аспектов посвящено множество работ как российских, так и зарубежных ученых. Эти исследования охватывают различные методы агрономии, селекции и обработки почвы, направленные на оптимизацию условий для роста и развития топинамбура, что, в свою очередь, позволит извлечь максимальную пользу из данного растения для различных отраслей. Изучению этих вопросов посвящены многие работы российских и зарубежных авторов [23; 33; 50; 68; 78; 81; 117; 128; 145; 153; 166; 175; 183;] и др.

Топинамбур является многолетним растением [29, 36, 42, 63, 71, 94, 111, 123]. Стебель топинамбура представляет собой однолетнее образование, имеющее цилиндрическую форму, прямостоячую структуру и способствующее ветвлению. Он покрыт опушением и обладает хорошей лиственной массой. Окраска стебля топинамбура демонстрирует значительное разнообразие и может варьироваться от яркого зеленого цвета до зелено-фиолетовых, темно-фиолетовых и даже красноватых оттенков [128, 156]. На начальных этапах его роста, до того момента, как наступает фаза бутонизации, стебель имеет насыщенную и сочную текстуру. Однако в период цветения он начинает древеснеть, придавая растению более устойчивый и прочный вид.

Толщина побега колеблется в диапазоне от 0,5 до 3-5 см, и эти параметры напрямую зависят от конкретного сорта топинамбура. Как правило, толщина побега уменьшается от основания к верхней части растения, что создает характерную пирамидальную форму. Диаметр главного стебля обычно составляет от 1,6 до 2,4 см, что также может варьироваться в зависимости от условий выращивания и агрономической практики.

Кроме того, кустистость топинамбура может проявляться по-разному, образуя от 1 до 8-9 стеблей на одном растении [69, 168]. Это разнообразие в характеристиках роста и структуры позволяет топинамбуру адаптироваться к различным условиям окружающей среды и методам культивирования, что делает его востребованным растением в сельском хозяйстве. Высокая вариативность в окраске, толщине и кустистости топинамбура позволяет использовать его как в пищевых, так и в декоративных целях, что значительно увеличивает его ценность как агрокультуры.

Высота растения также зависит от сорта: у ранних сортов она колеблется в пределах 90-150 см, тогда как у поздних сортов – от 150 до 300 см. Важно отметить, что на рост и развитие топинамбура также существенно влияют агробиологические и метеорологические условия, в которых он возделывается [56, 83, 85]. Согласно данным Г.В. Устименко-Бакумовского [137], предельная высота растений топинамбура может достигать 300-500 см, что наблюдается преимущественно в районах Закавказья, где условия для роста растений являются наиболее благоприятными. Эти регионы отличаются оптимальным уровнем увлажненности почвы и продолжительным безморозным периодом, что создает идеальные условия для активного роста и развития растений.

Листья - крупные и простые, достигающие размеров от 15 до 20 см в длину. Они состоят из цельной листовой пластинки и черешка, имея яйцевидную форму с заостренным концом. Листья характеризуются большими размерами и зубчатыми краями, а окраска может варьироваться от светло-зеленого до темно-зеленого оттенка, что добавляет эстетическую привлекательность растению. В зависимости от сортовых характеристик и условий произрастания, количество

листьев на одном стебле может колебаться от 50 до 150, что служит важным показателем здоровья и продуктивности растения.

Соцветия топинамбура имеют форму корзинки и могут достигать диаметра от 2 до 5 см. Они состоят из двух различных типов цветков: ложноязычковые цветки, которые являются бесполыми, и трубчатые цветки, обладающие обоеполыми свойствами. Обычно опыление в соцветиях происходит перекрестным способом, где активно участвуют как насекомые, так и ветер, но также возможно самоопыление. Такая система опыления обеспечивает высокую степень адаптивности и между сортами, позволяя растению эффективно размножаться в различных условиях [97]. Важно отметить, что наличие разнообразия в морфологии и механизмах размножения топинамбура способствует его успешному распространению и использованию как в агрономических целях, так и в садоводстве.

Плодом топинамбура является семянка, которая у позднеспелых сортов созревает преимущественно в южных регионах, таких как Средняя Азия, Крым и Кавказ. В отличие от них, скороспелые сорта демонстрируют формирование семян в Центрально-Черноземной зоне, где плоды имеют характерный коричневый цвет, украшенный темными точками, что свидетельствует о зрелости семян [128].

Одной из наиболее важных характеристик топинамбура является его мощная корневая система, которая проникает в почву на глубину от 2 до 3 метров. Это глубокое корнеобитание позволяет растению находить влагу и питательные вещества, даже в условиях недостатка влаги на поверхности [96, 99, 128, 137, 153]. Мощная корневая система также способствует устойчивости растения к неблагоприятным погодным условиям, включая засуху.

В надземной части растения можно выделить несколько типов ветвления побегов. Акропетальное ветвление происходит из пазух нижних супротивных листьев, что вносит разнообразие в структуру и форму куста. Базипетальное ветвление, в свою очередь, образуется из пазух очередных листьев, создавая дополнительную густоту и удлинение побегов. Таким образом, ветвление

способствует максимальному использованию светового потока и эффективному фотосинтезу в течение вегетационного периода [136].

В подземной части топинамбура формируются столоны — горизонтальные побеги, которые также играют важную роль в воспроизведстве растения. На одном растении количество образуемых столонов может варьироваться от 20 до 40, при этом их длина зависит от условий почвы и сорта. Эти характерные формирования способствуют крепкому укоренению и позволяют растению адаптироваться к различным экосистемам, что делает топинамбур одним из эффективных компонентов при создании устойчивых агроэкосистем [68, 97, 137, 153, 175]. Благодаря своим биологическим особенностям и адаптивным механизмам, топинамбур занимает важное место в сельском хозяйстве и может использоваться как в продовольственных, так и в кормовых целях.

Окраска и форма клубней топинамбура характеризуются значительным разнообразием и зависят от множества факторов, включая условия выращивания и особенности агрономии [97, 128, 153]. Множество исследователей различает несколько основных форм клубней, среди которых можно встретить круглые, грушевидные, булавовидные, удлиненные и цилиндрические. Однако стоит отметить, что на тяжелых глинистых почвах клубни могут деформироваться, принимая не совсем стандартные формы. Окраска клубней колеблется от светлых, почти белых тонов до насыщенных красно-фиолетовых оттенков, что придает им дополнительную декоративность и разнообразие.

Масса одного клубня значительно варьируется и составляет от 10 до 110 граммов, при этом средний размер считается в пределах 30-50 граммов [68, 80, 96, 128, 153, 175]. Однако согласно исследованиям З.И. Усановой и Ю.В. Байбаковой [128], если топинамбур успешно культивируется на увлажненных почвах Центрального региона, где под оптимальными условиями массы одного клубня могут достигать 400 граммов и более. Это свидетельствует о высокой продуктивности растения при подходящих агрономических условиях и правильном уходе за культурой.

Количество клубней, формирующихся на одном растении, также

демонстрирует значительную вариативность и может колебаться от 4-5 до 38-40 штук. Это разнообразие в количестве клубней обусловлено множеством факторов, включая сортовые характеристики, специфические условия возделывания и размеры посадочного материала. Например, у селекционных сортов топинамбура, которые были выведены для повышения урожайности и устойчивости к заболеваниям, обычно формируется от 20 до 30 клубней на одном растении. В то же время полудикорастущие формы топинамбура могут образовывать значительно большее количество клубней — до 70-75 штук на одно растение [136].

Жизненный цикл растения включает в себя ряд фаз развития: сначала появляются всходы, затем формируются столоны, происходит бутонизация, за которой следует цветение, отцветание, а затем образование и созревание клубней [108]. Длительность каждой из фаз развития топинамбура зависит от множества факторов, ключевым из которых является климатическая зона, где происходит его рост. Такие параметры, как среднесуточные температуры, уровень увлажненности почвы и степень светового режима, играют решающую роль в сроках наступления различных стадий вегетации. Например, в регионах с более теплым и влажным климатом растение может развиваться быстрее, чем в более холодных или сухих условиях.

Хотя технологии возделывания, уровень минерального питания и густота стояния также влияют на рост и развитие растений, их воздействие, как правило, оказывается менее значительным по сравнению с климатическими условиями [62]. Это может говорить о том, что основными ограничивающими факторами для роста топинамбура являются именно природные условия, которые требуют внимательного учета при планировании его культивации.

В частности, в условиях Верхневолжья, опираясь на исследования некоторых авторов [41, 49, 62, 64, 65, 104], всходы топинамбура при весенней посадке фиксируются в период с 12-го по 45-й день. Это свидетельствует о достаточно широком диапазоне времени, в течение которого топинамбур может прорастать, что может быть связано с колебаниями температур и уровня

увлажненности почвы в зависимости от конкретной погоды. Эти сроки могут значительно варьироваться, что обусловлено множеством факторов, таких как сорт, глубина заделки клубней в почву, а также метод и срок проведения самой посадки, не говоря уже о влиянии погодных условий в данной местности.

Прорастание клубней топинамбура начинается, когда температура почвы достигает диапазона от +4 до +6° С. Однако стоит отметить, что при таких низких температурах процесс прорастания осуществляется достаточно медленно. В результате этого первые всходы могут появляться примерно на 33-45-й день после высадки клубней в почву. Такой длительный срок может быть вызван замедленной реакцией растения на неблагоприятные температурные условия, что в свою очередь замедляет все биохимические процессы, связанные с прорастанием.

С увеличением температуры прорастание происходит значительно быстрее. При температуре в диапазоне +8 до +12°С, растения начинают проявлять свою активность гораздо раньше, и всходы могут появиться всего через 12-18 дней после внесения клубней в почву. Это подчеркивает важность мониторинга температурных условий и своевременного принятия решений для оптимизации времени посадки и повышения общей эффективности агрономических мероприятий. Примечательно, что температура не только влияет на скорость прорастания, но и на дальнейший рост и развитие растений, что отражает необходимость тщательного контроля климатических факторов в процессе возделывания.

Опираясь на результаты исследований, проведенных З.И. Усановой и А.К. Осербаевым [98], столоны-горизонтальные побеги, играющие ключевую роль в образовании клубней- начинают формироваться на 20-45-й день после появления всходов. Этот период очень важен, поскольку именно в это время происходит заложение будущих клубней, которые являются основными продуктами растения и важным элементом его размножения. Оптимальная среднесуточная температура для полного и эффективного развития топинамбура составляет +16°- +18°С, что создает наиболее благоприятные условия для роста растения.

В научной литературе можно встретить широкий спектр информации о сроках, когда начинается клубнеобразование у топинамбура. Эти данные варьируются в зависимости от ряда факторов, таких как разновидность растения, условия, в которых оно возделывается, и другие характеристики, оказывающие влияние на механизм формирования клубней. Например, у раннеспелого сорта, известного под названием Скороспелка, в условиях Верхневолжья процесс формирования клубней фиксируется в интервале от 36 до 62 дней после того, как появляются первые всходы. Этот период, как правило, совпадает с началом бутонизации, что подчеркивает взаимосвязь между этими этапами развития. С.С. Шайн [147] указывая на это, отмечал, что началом формирования клубней можно считать 22 июня, когда происходит естественное сокращение светового дня. Согласно данным, представленным М.Н. Филипповым [143], в Ленинградской области процесс роста клубней у топинамбура начинает активизироваться в июле, а именно в промежутке с 1 по 15 августа, приблизительно через 70 дней после того, как появились всходы. Одним из характерных признаков начала формирования клубней является выраженное утолщение столонов, что указывает на развитие верхушечной почки на их конце [147]. такие изменения демонстрируют важный этап в жизненном цикле растения.

Также важно отметить, что на степень формирования и роста клубней серьезное влияние оказывают такие факторы, как густота стояния растений на поле и наличие необходимых минеральных элементов в почве [97, 137, 153].

Касаясь раннеспелого сорта под названием Скороспелка, в условиях Верхневолжья интервал времени между высадкой и цветением составляет от 87 до 121 дня [61, 99, 128]. Цветение этих ранних сортов обычно происходит в августе или сентябре. В то же время, исследователи Kays S.J. и Kultur F. [163] отметили, что в штате Джорджия (США) срок от момента посадки до начала цветения может существенно варьироваться — от 69 до 200 дней [163]. Этот факт подчеркивает значительное влияние климатических условий на развитие топинамбура и его жизненные циклы.

Топинамбур, также известный как земляная груша, представляет собой неприхотливую сельскохозяйственную культуру, которая успешно адаптируется к различным природным условиям. Эта культура весьма устойчива к засухе и холодам, что делает её отличным выбором для разведения в многообразных почвенно-климатических зонах [9, 17, 26, 45, 57, 79, 148, 171].

Типов почв, на которых можно выращивать топинамбур, то эта культура способна адаптироваться практически к любым разновидностям, различающимся по своему гранулометрическому составу. Однако важно отметить, что для успешного культивирования топинамбура не подходят солонцовые и заболоченные почвы. Оптимальные результаты достигаются при его возделывании на легких супесчаных почвах, которые обеспечивают растение достаточным количеством влаги и хорошей аэрацией [8, 53, 82, 90].

Урожайность топинамбура в Тверской области, как и в других местах, в значительной степени зависит от нескольких ключевых факторов, таких как погодные условия, применение удобрений, густота посевов и технологии возделывания [41, 49, 60, 62, 64, 65, 104]. Это разнообразие факторов показывает, что для достижения оптимальных результатов необходимо внимательно планировать все этапы агрономического процесса.

Одним из значительных препятствий для более широкого внедрения топинамбура в сельское хозяйство является его склонность к образованию нежелательной поросли после прекращения эксплуатации плантаций. Этот вид считается инвазивным и попал в «черный список» Российской Федерации и Тверской области, что создает дополнительные сложности для агрономов. В связи с этим, жизненно важно проводить регулярный мониторинг его распространения [72], а также оперативно очищать поля от оставшихся после уборки растений, чтобы предотвратить их дальнейшее распространение.

В своей работе З.И. Усанова, С.С. Скворцов и А.К. Осербаев [72] предложили эффективный комбинированный подход для борьбы с нежелательной порослью топинамбура, который был успешно протестирован в Тверской области. Данный метод включает в себя обработку почвы на глубину 8-10 см сразу после

выкопки клубней, а также применение гербицида «Раундап» на оставшиеся вегетирующие растения в дозировке 4-6 л/га. Рекомендуется проводить эти мероприятия в период активного роста столонов растения, что направлено на полное уничтожение нежелательной поросли. Такой подход не только способствует контролю за инвазивными растениями, но и в конечном итоге помогает сохранить экологическое равновесие и повысить общую эффективность сельскохозяйственного производства.

Таким образом, подводя итог всего вышеизложенного, можно заключить, что топинамбур обладает значительным биологическим потенциалом. Эта культура, будучи экологически адаптивной, способна приспосабливаться к различным условиям возделывания. Она эффективно реагирует на изменения в тепло- и влагообеспеченности, что выражается в сокращении или удлинении межфазных периодов ее роста. Это делает топинамбур перспективным объектом для дальнейших исследований и широкого применения в аграрном секторе.

## **1.2 Некорневые подкормки и их влияние на формирование урожайности топинамбура**

Г.С. Посыпанов [18, 74] подчеркивает важность некорневых подкормок для сельскохозяйственных культур, отмечая, что их главное назначение заключается в компенсации недостатка минерального питания, что является крайне важным аспектом для обеспечения полноценного роста и развития растений. Благодаря некорневым подкормкам не только увеличивается доступность необходимых макро- и микроэлементов, но и наблюдается значительное улучшение качества урожая. Это помогает получить более здоровую и питательную продукцию, что особенно важно в условиях современного сельского хозяйства.

С другой стороны, исследователи Иванов И.А., Якушев В.П., и Иванов А.И. [35] также отмечают, что некорневые подкормки представляют собой экологически безопасный способ введения микроэлементов в практику ведения сельского хозяйства. Они обеспечивают растения необходимыми минеральными веществами без негативного воздействия на окружающую среду. Данное

направление можно рассматривать как альтернативу традиционным методам агрономии, например, в качестве подготовки семян перед посевом. Таким образом, некорневые подкормки и предпосевная обработка семян могут эффективно сочетаться, обеспечивая растения всеми необходимыми ресурсами для того, чтобы они могли максимально реализовать свой потенциал.

Эффективность некорневых подкормок объясняется тем, что макронутриенты попадают непосредственно в растения через их листья, что обеспечивает более быструю реакцию на внесение удобрений и помогает предотвратить возможные дефициты. Такой подход позволяет не только увеличить урожайность, но и повысить устойчивость растений к различным неблагоприятным воздействиям, что важно для достижения стабильных результатов в агрономии.

Ряд авторов [13, 19-22, 60, 120, 158] справедливо считают, что некорневые подкормки являются фактором оптимизации минерального питания растений, особенно при программировании урожайности. При расчете доз удобрений на запланированный урожай не учитывается потребность в микроэлементах, которые необходимы растениям, особенно при низких их содержаниях в почвах.

Некорневая подкормка представляет собой опрыскивание посевов по вегетирующему растениям водным раствором препаратов в низкой их концентрации в определенные фазы роста и развития с расходом рабочей жидкости, обычно, 300-400 л/га [35].

Для некорневых подкормок применяются различные ростостимулирующие вещества, регуляторы роста, а также макро- и микроэлементы [61]. Их применяют на разных культурах – зерновых, кукурузе, картофеле и топинамбуру.

Так, по данным ряда авторов [120] на кукурузе использовали комплексные удобрения Акварин 5, Ультромаг комби, Витанолл РК. Эти препараты повышали урожайность гибрида Росс 199 МВ на 6,8-9,0 т/га при урожае зеленой массы в контроле – 54,7 т/га. Одновременно повышалось качество урожая. Так, содержание сырого протеина увеличилось на 0,59-1,74%.

Исследования, проведенные И.П. Можаровой [61], сосредоточены на оценке влияния различных регуляторов роста растений, таких как Циркон, Крезацин и Лариксин, на развитие картофеля. Эти препараты были применены как при предпосевной обработке посадочного материала, так и во время некорневой подкормки. Результаты исследований показали положительное воздействие каждого из этих регуляторов на такие параметры, как высота растений, образование стеблей и обеспечение листьев, что, в свою очередь, способствовало увеличению урожайности картофеля на уровне от 6,2% до 23,8%. Кроме того, использование регуляторов роста также привело к повышению устойчивости картофеля к фитофторозу – одному из наиболее разрушительных заболеваний, поражающих эту культуру.

На основании полевых экспериментов, проведенных Н.А. Щербаковой [152] в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области, было установлено, что гуминовое удобрение Гумат +7, а также биопрепараты Байкал ЭМ 1 и Эпин-Экстра оказывают заметное положительное влияние на урожайность как ранних, так и среднеранних сортов картофеля. Эти результаты подчеркивают важность определения и оптимизации типа удобрений в зависимости от особенностей почвы и сорта картофеля.

Кроме того, как указывают С.П. Мигулов и З.И. Усанова [60, 113, 115, 116, 120, 129] использование препаратов Циркон, Эпин-Экстра, Фоликус Премиум, Аква-Микс, а также комплексонатов Zn ЭДДЯК и Cu ЭДДЯК в ходе некорневой подкормки, помогло значительному увеличению урожайности четырех сортов картофеля: Коломба, Королева Анна, Ред Скарлет и Галла. В целом, средние показатели урожайности возросли на 1,5-4,3 т/га при контрольной оценке в 24,4 т/га. Наиболее выраженный прирост урожая был отмечен у сорта Ред Скарлет, где применение препарата Циркон в рамках некорневой подкормки привело к увеличению урожайности на 5,7 т/га, в то время как контрольный урожай составил 26,3 т/га. Эти результаты подчеркивают эффективность применения регуляторов роста и продвинутых биопрепаратов в агрономии для достижения максимальных результатов по урожайности картофеля.

На топинамбура сорта Скороспелка изучались некорневые подкормки комплексными удобрениями Акварин 3, Акварин 5, Фолиус Премиум, Гумат +7 [38] при одной и двух некорневых подкормках. В результате выявлено, что все используемые препараты оказали положительное влияние на конечную продуктивность – урожайность надземной массы и клубней.

В Республике Беларусь было организовано ряд экспериментов, нацеленных на изучение эффективности различных регуляторов роста и микроудобрений в процессе возделывания картофеля на дерново-подзолистых почвах, как сообщают С.Г. Алиев и И.Р. Вильдфлущ [1]. В ходе проведенных исследований было выявлено, что использование регулятора роста под названием Экосил, а также применение комплексных микроудобрений Басфолиар 36 Экстра и Витамар, значительно повысило урожайность по сравнению с контрольной группой. В контрольной группе использовался стандартный уровень удобрений, составивший N100P60K130. Результаты экспериментов продемонстрировали, что включение этих агрохимических средств в систему питания растений может существенно повлиять на конечный урожай и качество картофеля, подтверждая важность подобного подхода в агрономической практике. Так, добавление Экосила дало прибавку в 10,6 центнеров на гектар, применение Басфолиар 36 Экстра привело к увеличению урожая на 24,8 центнера на гектар, а Витамар обеспечил прирост в 21,3 центнера на гектар. Кроме того, при использовании этих препаратов наблюдался рост выхода протеина, который увеличился на 3,5 центнера на гектар, 6,5 центнера и 9,6 центнера соответственно для Экосила, Басфолиар 36 Экстра и Витамар.

Параллельно с этим, исследования, проведенные М.Р. Мусаевым, Ш.Т. Алияровой и их коллегами [59] в Республике Дагестан, подтвердили эффективность регуляторов роста Эпин-Экстра и Гумат +7 на урожайность различных сортов картофеля. В контрольной группе, где не применялись дополнительные удобрения, средний урожай составил 29,9 тонны клубней с гектара. Однако использование Эпин-Экстра повысило урожай до 33,8 тонны на гектар, в то время как применение Гумата +7 обеспечило урожайность в 32,8

тонны на гектар. Эти результаты показывают, что использование регуляторов роста и микроудобрений может значительно повлиять на получение высоких урожаев, что имеет важное значение для сельского хозяйства, особенно в условиях меняющегося климата и необходимости повышения продовольственной безопасности.

В опытах Е.А. Тисленко [93], сравнивалось влияние предпосевной обработки семян, осеннего опрыскивания посевов и весенней некорневой подкормки различными препаратами на урожайность озимой тритикале. В результате выявлено, что применение бактериального препарата Планриз (Ризоплан) при обработке семян (0,5 л/т) на неудобренном фоне обеспечило получение прибавки урожая 4,6 ц/га (25,5%). На неудобренном фоне без обработки семян более эффективной была некорневая подкормка в фазу выхода в трубку тем же препаратом Планриз (Ризоплан) (0,5 л/га в 400 л/воды), которая обеспечила прибавку урожая 10,4 ц/га (49,5 %). По рентабельности производства и прибавки урожая эффективнее оказалась некорневая подкормка, хотя она снизила окупаемость затрат. На удобренном фоне более эффективно оказалось применение Азотофосфина (0,55 л/т N + 0,55 л/т P), которое обеспечило прибавку урожая 8,8 ц/га (41,9%).

Эти результаты свидетельствуют о том, что необходимо проводить исследования по способам и срокам применения различных препаратов.

На выщелочных черноземах Липецкой области А.В. Бутов и А.А. Мандрова [11] изучали действие препаратов Эпин-Экстра, Экопин, Экогель, Циркон, Новосил, Гумат н/к на продуктивность картофеля сорта Удача. Показало, что самые большие прибавки урожая обеспечили Экопин и Новосил. Получена урожайность соответственно 30,2 – 33,2 и 22,1 – 32,2 т/га, против 22,9 – 26,8 т/га в контроле. Крахмалистость клубней повысилась с 14,2 до 15,4 и 14,9%.

Ученые Тверской ГСХА провели исследования по влиянию некорневых подкормок и обработки клубней топинамбура до посадки комплексонатами микроэлементов, полученными на основе Янтарной кислоты [127]. Изучалось действие микроэлементов в хелатной форме: Zn-ЭДДЯК, Cu-ЭДДЯК, Со-ЭДДЯК,

В-ЭДДЯК, Se-ЭДДЯК. Выявлено, что наибольшее повышение урожайности клубней обеспечила некорневая подкормка Во-ЭДДЯК – на 24,3%, Se-ЭДДЯК – на 18,3% и Zn-ЭДДЯК – на 15,2%. При обработке семенного материала до посадки более высокие прибавки урожая клубней получены от Со-ЭДДЯК – 27,3%, Cu-ЭДДЯК – 18,3% и Zn-ЭДДЯК – 14,3%.

Комплексанты микроэлементов повышали содержание инулина в клубнях. При некорневой подкормке наибольшее содержание инулина в клубнях было в варианте с Во-ЭДДЯК – 20,7% и Se-ЭДДЯК – 19,9% (прибавки к контролю составили 9,7 и 8,9%), а при предпосадочной обработке клубней - Se-ЭДДЯК – 20,1% (прибавка к контролю – 9,2%). В этих вариантах значительно повышался выход инулина с урожаем клубней – на 103,0-114,1% [127].

Таким образом, топинамбур (сорт Скороспелка) хорошо реагирует на некорневые подкормки микроэлементами, находящимися в хелатной форме.

### **1.3 Влияние удобрений на формирование урожайности топинамбура**

Г.С. Посыпанов [75, 76] подчеркивает, что согласно закону равнозначности и незаменимости, а также его продлению — закону оптимума, максимальная потенциальная продуктивность любого генотипа может быть достигнута только при условии, что растения получают оптимальное количество каждого элемента питания. Данное утверждение особенно важно, так как оно указывает на то, что эффективное использование ресурсов и удобрений является решающим фактором для реализации генетического потенциала растений.

Посыпанов также делает акцент на том, что центры происхождения различных видов растений значительно различаются по своему химическому составу, включая такие параметры, как pH почвы и содержание каждого отдельного элемента минерального питания, который доступен для усвоения растениями. В результате этого, разные генотипы предъявляют различные требования к уровню pH почвы и количеству конкретных элементов минерального питания. Это разнообразие требований указывает на

необходимость индивидуального подхода к агрономическим практикам и удобрению для каждой культуры.

Таким образом, каждое растение, включая топинамбур, имеет свои специфические потребности в минеральном питании и удобрении, что требует от агрономов и фермеров глубокого понимания особенностей культуры. Специфические требования к элементам питания для топинамбура следуют из его биологических и эколого-агрономических характеристик. Учитывая эти факторы, можно скорректировать стратегии удобрения, чтобы максимально эффективно использовать ресурсы и достичь оптимальных результатов в выращивании данной культуры.

Как известно, в большем количестве все полевые культуры потребляют макроэлементы – азот, фосфор, калий в значительно меньшем – микроэлементы (несколько граммов на 1 гектар). «Микроэлементы совершенно необходимы для нормального течения физиологических процессов» [76]. Поэтому микроэлементы применяются в небольших количествах в основном для обработки семян или некорневой подкормки [35].

Топинамбур, земляная груша имеет свои биологические особенности, что указано в разделе 1.2, поэтому отличается требованием растений к элементам минерального питания. Разные авторы приводят неодинаковые данные по выносу питательных веществ с урожаем единицы основной продукции (клубней) и соответствующего количества побочной (надземной части).

По данным Г.С. Посыпанова [75,76] с 1 т клубней топинамбур выносит N – 2,0-2,5 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,0-2,5 кг, K<sub>2</sub>O – до 7 кг, а с 1 т зеленой массы N – около 3 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,2-1,4 кг, K<sub>2</sub>O – до 4,5 кг.

Исследованиями Ю.С. Королевой [47, 48], выявлено большое влияние удобрений и фона минерального питания на вынос NPK с урожаем. Так, на 1 т клубней и соответствующее количество зеленой массы в первый год жизни сорт Скороспелка выносит N – 4,1 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,5 кг, K<sub>2</sub>O – 10,6 кг, а при внесении навоза в расчете на 3 года N – 4,8 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,9 кг, K<sub>2</sub>O – 12,1 кг. На второй год жизни в контроле без удобрений вынос был близок к показателям 1 года жизни.

По данным Ю.В. Байбаковой [4, 5], сорт Скороспелка в контроле без удобрений на 1 т клубней и соответствующее количество надземной массы выносил N – 8,8 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,9 кг, K<sub>2</sub>O – 9,1 кг, а в варианте с внесением минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> - N – 6,9 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,9 кг, K<sub>2</sub>O – 10,6 кг. Такая разница в выносе NPK топинамбуром затрудняет применение этих данных для расчета программируемой урожайности. Эта разница, по-видимому, обусловлена неодинаковыми погодными условиями и разной реакцией сорта на удобрения, а также соотношением клубней и надземной части в урожае.

Это подтверждено исследованиями М.Н.Павлова [66, 67], с разными сортами: Скороспелка, сорт клубневого направления, с урожаем клубней больше, чем надземной части растений и сортом Интерес, у которого, урожай надземной части больше, чем урожай клубней.

М.Н. Павлов [66, 67] предлагает учитывать различные аспекты при расчете норм удобрений, рекомендуя разделять расчеты для надземной массы растений и для клубней. Это позволяет более точно планировать необходимые дозы питательных веществ и предотвращать их чрезмерное использование, что в свою очередь может привести к экономии ресурсов и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Такой подход обеспечивает более эффективное управление питанием растений и способствует устойчивому развитию агрономической практики.

Согласно рекомендациям Павлова, вынос питательных веществ при образовании урожая также различается для надземной массы и клубней. В частности, для надземной части растений вынос составит: азота (N) – 1,65 кг на тонну урожая, фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 0,34 кг, а калия (K<sub>2</sub>O) – 3,62 кг. Эти цифры доказывают значимость данных элементов для формирования зеленой массы и показывают потребности растения в питательных веществах. Иначе обстоят дела у клубней, расчеты показывают несколько иные показатели: вынос азота составляет 2,17 кг, фосфора – 0,49 кг, а калия – 4,26 кг на тонну урожая. Эти значения демонстрируют, что клубни требуют более высокого уровня обеспечения некоторыми питательными веществами по сравнению с надземной

частью, что может быть связано с их ролью в репродуктивном процессе растения и накоплении питательных веществ. Удобрения являются наиболее мощным регулируемым фактором повышения урожайности. На это неоднократно указывали И.С.Шатилов и Н.Ф. Чудновский [150], В.Н. Зеленков [31]. Это положение подтверждается исследованиями ряда авторов по топинамбуру.

По данным А.К. Осербаева [64, 65], внесение 50 т/га навоза увеличило урожайность надземной части с 16,8 до 23,3 т/га, а клубней с 12,0 до 19,1 т/га, а внесение  $N_{120}P_{60}K_{60}$  до 24,4 т/га надземной массы и до 18,8 т/га клубней. При этом повышались показатели фотосинтетической деятельности агроценоза. Средняя площадь листьев возросла соответственно с 14,5 до 23,2 и до 26,5 тыс.м<sup>2</sup>/га, а фотосинтетический потенциал агроценоза – с 1771 тыс.м<sup>2</sup>×сутки/га до 2828 и 3223 тыс.м<sup>2</sup>×сутки/га. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ( $K_{хоз}$ ) повышался с 0,31 до 0,33 и 0,34 ед. Чистый энергетический доход увеличился с 354,8 Гдж/га до 562,5 и 584,6 Гдж/га.

Эффективность удобрений зависит от сроков, способов посадки и других агротехнических приемов. Так, по данным С.С. Скворцова [88, 89], при внесении удобрений в дозе  $N_{48}P_{48}K_{48}$  урожайность топинамбура сорта Скороспелка при раннем сроке посадки (20.04. и 07.05) в 2002/2003 годах составила массы надземной части 108 и 355 ц/га и клубней 137 и 310 ц/га, а при посадке через 20 дней соответственно 107 и 291 ц/га надземной массы, 88 и 204 ц/га клубней. В последнем случае урожайность зеленой массы снизилась на 20 и 64 ц/га, клубней на 49 и 106 ц/га. При этом ухудшались показатели фотосинтетической деятельности агроценоза. Так, ФПП снизился с 1549 и 3213 тыс.м<sup>2</sup>×сутки/га до 1057 и 2069 тыс.м<sup>2</sup>×сутки/га, а такой важный показатель, как  $K_{хоз}$ , с 0,60 и 0,53 до 0,50 и 0,48.

Ю.В. Байбакова [4, 5] провела исследование, которое касалось воздействия различных доз и соотношений элементов минерального питания на уровень продуктивности топинамбура сорта Скороспелка, выращиваемого на дерново-подзолистых полях региона Верхневолжья. В ходе своего эксперимента она анализировала, как изменения в составе и количестве минеральных веществ

влияют на рост и развитие данной культуры. Это исследование имеет важное значение для оптимизации агрономических практик, направленных на повышение урожайности топинамбура, а также помогает понять, как правильно подбирать минеральное питание для достижения максимальной продуктивности на специфических типах почв. Результаты работы могут оказать значительное влияние на практические рекомендации по агроменеджменту в условиях Верхневолжья, где топинамбур становится все более популярным в сельскохозяйственном производстве.

В ходе исследований выявлено, что топинамбур плохо реагирует на парные и тройные сочетания NPK. В среднем за 3 года по сумме урожаев надземная часть + клубни близкие данные получены в вариантах  $P_{60}K_{60}$  (382 ц/га),  $N_{60}P_{60}$  (403 ц/га),  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (383 ц/га),  $N_{60}P_{90}K_{60}$  (406 ц/га),  $N_{30}P_{90}K_{60}$  (416 ц/га). Более высокие урожаи обеспечило внесение  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (456 ц/га),  $N_{60}P_{00}K_{90}$  (450 ц/га),  $N_{90}P_{90}K_{120}$  (451 ц/га), где прибавки к контролю 38,9 - 42%, при урожае в контроле 324 ц/га.

Внесение расчетных доз удобрений способствовало получению более высокой урожайности надземной части + клубни. Так, при программировании 200 ц/га клубней и соответствующего количества надземной массы получено – 449 ц/га, а 400 ц/га клубней и соответствующего количества надземной массы - 528 ц/га, при этом урожайность клубней составил соответственно 230 и 283 ц/га, то есть был значительно меньше расчетных показателей.

Экономически оправдан вариант с расчетной дозой удобрений на урожайность 200 ц/га (дозы  $N_{101}P_0K_{50}$ ) и не оправдан – на 400 ц/га (доза  $N_{241}P_0K_{344}$ ). Наибольшая сахаристость клубней получена в вариантах  $P_{60}K_{60}$  (25,5%) и  $N_{60}P_{60}$  (25,2 %) при содержании сахара в клубнях в контроле 21%. Наибольший выход сахара с гектара получен в вариантах  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (52,2 ц/га) и  $N_{60}P_{60}K_{90}$  (51,9 ц/га).

В научной литературе существуют данные о необходимости применения удобрений для топинамбура на протяжении многолетнего использования одних и тех же плантаций.

В частности, согласно исследованиям, проведенным Ю.С. Королевой [47, 48], для достижения оптимальных результатов при возделывании топинамбура на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья рекомендуется поддерживать культуру на одном и том же земельном участке не менее трех лет. Это позволяет не только обогатить почву необходимыми питательными веществами, но и способствует улучшению структуры и плодородия грунта, что, в свою очередь, существенно влияет на конечную урожайность. Поэтому, учитывая специфику агрономической практики, долгосрочное использование постоянных плантаций с должным подходом к удобрению может стать ключевым фактором для успешного возделывания топинамбура и повышения его продуктивности на данной территории. Это связано с тем, что длительное использование одного и того же земельного участка позволяет максимально реализовать потенциал растения и улучшить его адаптацию к конкретным условиям почвы. В целях оптимизации затрат, связанных с внесением удобрений, целесообразно применять органические удобрения, такие как навоз, один раз в три года в дозе 90 тонн на гектар. Кроме того, вместе с органическими удобрениями целесообразно добавлять одну треть расчетной нормы минеральных удобрений, рассчитанных на общий урожай биомассы в 200 центнеров на гектар.

Таким образом, рекомендуются следующие дозы:  $N_{33}P_{20}K_{39}$ . Этот подход позволяет более эффективно использовать ресурсы и снижает финансовые затраты на удобрение, обеспечивая при этом необходимые условия для роста и развития растения.

Тем не менее, Ю.С. Королева предлагает альтернативный подход к агрономической практике для увеличения сахаристости клубней, которая является ключевым качественным показателем данного продукта. В этом случае, она рекомендует осуществлять ежегодное внесение одной трети от полной дозы минеральных удобрений, которая была рассчитана на прогнозируемую максимальную урожайность клубней в размере 300 центнеров на гектар, с учетом соответствующих норм для элементов питания:  $N_{73}P_{69}K_{69}$ . Этот метод позволяет не только поддерживать необходимый уровень питательных веществ в

почве, но и способствует созданию оптимальных условий для формирования клубней с высоким содержанием сахара. Разумное подход к управлению питанием растений, предложенный Королевой, может значительно способствовать улучшению качества клубней топинамбура и повышению его ценности как сельскохозяйственной культуры на рынке. Этот метод позволяет не только улучшить качество клубней, но и значительно увеличить их сахаристость, что делает их более привлекательными с точки зрения потребления и коммерческого использования.

В учебной литературе рекомендуется под топинамбур вносить 30-40 т навоза на гектар в 1-й год, а в последующие годы – минеральные удобрения. При длительном использовании плантации внесение навоза повторяется [74, 75, 76].

Эффективность применения удобрений непосредственно связана с используемой технологией возделывания топинамбура. Как выяснил П.В. Николаев [62], существует возможность выращивания данной культуры как по отечественной интенсивной технологии, при которой междурядья располагаются на расстоянии 70 см, так и по западноевропейской практике, предполагающей междурядья шириной 75 см и использование специализированных машин из-за рубежа. Важно отметить, что в обоих случаях рекомендуется вносить одинаковые дозы удобрений, включающие 50 тонн навоза на гектар, а также минеральные калийные удобрения для устранения недостатка калия, который может быть недостаточен в органическом удобрении, таком как навоз. Этот подход позволяет создать оптимальные условия для роста растений и обеспечивает необходимое количество питательных веществ.

В своих экспериментах М.Н. Павлов [66, 67] исследовал урожайность топинамбура при двух различных условиях: первый фон – без применения удобрений, второй фон – с внесением расчетной дозы азотно-фосфорно-калийных (NPK) удобрений, рассчитанной на урожай в 40 тонн клубней на гектар, а также соответствующего количества для надземной массы. За период трех лет наблюдений для двух сортов топинамбура – Скороспелка и Интерес – были получены следующие результаты: без применения удобрений в контрольной

группе урожай зеленой массы составил 27,4 тонны на гектар, а клубней — 24,7 тонны на гектар. Напротив, с внесением удобрений, урожайность достигла 41,4 тонны клубней и 34,2 тонны зеленой массы на гектар.

Также следует отметить, что использование удобрений значительно способствовало повышению фоновых показателей функционирования (ФПП). По сорту Скороспелка ФПП увеличился с 1937,1 до 2857,1 тыс.м<sup>2</sup>×сутки на гектар, в то время как для сорта Интерес этот показатель возрос с 1337,0 до 3656,7 тыс.м<sup>2</sup>×сутки на гектар.

Таким образом, удобрения улучшали фотосинтетическую деятельность и урожайность топинамбура. Эффективность удобрения топинамбура доказана исследованиями, в разных регионах страны и за рубежом [4, 5, 15, 22, 87, 95, 100, 105, 106, 125, 133, 160].

И.П. Дерюгин и А.Н. Клюкин [27] акцентируют внимание на том, что эффективное управление питанием растений должно строиться на глубоком понимании тех закономерностей, которые определяют процесс формирования урожайности. Это включает в себя не только учет требований самих растений к основным экологическим факторам, но и интеграцию этих факторов в комплексную систему взаимодействия «почва-удобрение-растение». Как уже отмечалось ранее, топинамбур, в частности, предъявляет более строгие требования к содержанию питательных веществ в почве по сравнению с большинством других сельскохозяйственных культур. Это подразумевает необходимость разработки обоснованных подходов к удобрению и агротехническим мерам, направленным на создание оптимальных условий для роста и развития этой культуры. Правильный баланс питательных веществ, учитывающий потребности топинамбура, может существенно повлиять на общую продуктивность и качество урожая, что делает важным дальнейшее изучение вопросов, связанных с агрономическим менеджментом этой культуры.

Также отмечают, что топинамбур требует в два раза больше питательных веществ по сравнению с картофелем [15]. Эта разница обусловлена не только

увеличенным выносом питательных веществ, но и более глубоким проникновением корней в почву [128].

Согласно данным З.И. Усановой и Ю.В. Байбаковой [128], общий объем корневой системы картофеля в фазе полной бутонизации составляет  $50 \text{ см}^3$  для сорта Эпрон, в то время как для топинамбура этот показатель достигает  $225 \text{ см}^3$  для сорта Скороспелка. Отдельные авторы отмечают большое влияние на эффективность удобрений плодородия почвы и условий увлажнения [33, 128].

Так, В.Б. Беляк, Б.З. Дворкин, А.В. Палещенко [6], выявили, что на темно-каштановых почвах Поволжья под топинамбур нужно вносить  $N_{300}P_{100}K_{60}$  и поддерживать влажность почвы на уровне 80% от ППВ.

В условиях Северного Казахстана, согласно данным Н.Н. Свешниковой, В.П. Гончаровой и И.П. Павлик [86], на типичном черноземе для сорта Нахodka при внесенной дозе удобрений  $N120P60K60$  урожайность биомассы (включая надземную часть и клубни) возросла на 74% по сравнению с контрольной группой. Более высокие показатели урожайности клубней были зафиксированы на уровне 12,9 т/га при применении удобрений в дозе  $N90P60K60$ .

По информации Р.Р. Галеева и В.Н. Варламовой [14], средняя площадь листьев увеличилась с 21,6 до 30,6 тыс.м<sup>2</sup>/га. в Новосибирской области при использовании удобрения  $N90P60K60$ . Продуктивность зеленой массы в проведенных экспериментах с программированием составила от 45 до 60 т/га, тогда как урожай клубней варьировался в пределах 12-18 т/га.

А.Н. Кшникаткина [55] рекомендовала рассчитывать нормы внесения минеральных удобрений под топинамбур на уровне  $N60P60K60$  на черноземных почвах Пензенской области.

Некоторые исследователи выделяют значительную роль удобрений в ускорении роста и развития топинамбура. Например, по данным О.Л. Акудинова [2], в Иркутской области с коротким вегетационным периодом удобрения способствовали ускорению появления всходов на 4-6 дней, образованию столонов на 5-8 дней, а формированию клубней — на 10-17 дней. Фаза бутонизации наблюдалась только в случае внесения удобрений. Множество авторов также

уделяли внимание улучшению качества урожая в результате применения удобрений [1, 2, 11, 13, 87, 95, 106, 133].

Исследования, проведенные Прокопенко Л.С. и Юрченко Х.Ф. [77], показали, что повышение доз минеральных удобрений, применяемых при возделывании топинамбура, способствовало росту содержания сухого вещества в клубнях на 1,05-1,91%, в то время как уровень протеина увеличивался на 0,60-0,89%. В исследованиях, проведенных в 2013 году Петриченко В.И., Туркиной О.С. и Харжевской М.В. [73], было выявлено, что в Нечерноземной зоне, при внесении расчетных доз удобрений для топинамбура, содержание сухого вещества в клубнях достигло 20,3%, содержание пектина составило 10,6 г/кг, а уровень инулина — 17,1%. Эти результаты подчеркивают важность оптимизации питания растений для повышения качества клубней, а также показывают, как правильное удобрение может стимулировать не только урожайность, но и улучшать пищевую ценность продукции, что является особенно актуальным в условиях современного сельского хозяйства. Таким образом, тщательный подход к выбору и дозировке удобрений может значительно повлиять на конечный результат в производстве топинамбура и других культур.

По данным А.И. Гуцал, С.Т. Разумовой, М.А. Пыхтина [19], в Одесском Гидрометеорологическом институте наибольшую урожайность топинамбура сформировал в варианте с удобрением  $N_{180}P_{180}K_{180}$  — клубней 679 ц/га, надземной массы 283 ц/га при осенней уборке урожая, а при весенней — клубней 734 ц/га.

Исследованиями З.И. Усановой, А.К. Осербаева [102, 103] установлено большое влияние удобрения биогумусом на питательную ценность клубней и зеленой массы топинамбура. Внесение 2,5 т/га повышало содержание сухих веществ на 0,4 %, сырого протеина на 2,1 %. Сумма сахаров (по Бертрану) увеличилась на 5,2% от внесения 5 т/га биогумуса.

В.Х. Рыженко [82] сделал важные выводы о влиянии различных доз азотно-фосфорно-калийных (NPK) удобрений на урожайность как надземной массы, так и клубней топинамбура в условиях Приморья. Его исследования показали, что увеличение дозы удобрений с  $N60P60K60$  до  $N120P60K60$  приводило к заметному

росту урожайности надземной массы. Так, в 1981 году урожай надземной массы увеличился с 444 центнеров на гектар до 561 центнера на гектар, а в 1982 году этот показатель также увеличился с 263 до 277 центнеров на гектар. Аналогичная тенденция наблюдалась и в отношении клубней: урожайность возросла с 155 до 183 центнеров на гектар в 1981 году и с 139 до 155 центнеров на гектар в 1982 году. Эти результаты были получены при размещении растений по схеме 60\*60 см, что позволяет сделать заключение о положительном влиянии удобрений на продуктивность культуры.

Более того, изменение схемы посадки также оказало значительное влияние на урожайность топинамбура. Увеличение плотности стояния растений при посадке по схеме 60\*35 см способствовало росту урожайности надземной массы, увеличив ее с 563 до 649 центнеров на гектар в 1981 году. В 1982 году аналогичное увеличение наблюдалось: урожайность надземной массы повысилась с 267 до 291 центнера на гектар. В отношении клубней изменения также были заметными: в 1981 году урожайность клубней возросла с 168 до 201 центнера на гектар, а в 1982 году — с 162 до 195 центнеров на гектар.

Г.В. Устименко, З.И. Усанова [140] отмечали особенности минерального питания топинамбура, сорта Скороспелка. На основании вегетационных опытов они установили, что топинамбур отличается высокой отзывчивостью на минеральные удобрения. Наибольшая продуктивность отмечается при внесении азота (прибавка на 43%) и всех комбинаций с участием азота (NP – 45%; NK – 81%; NPK – 99%). Азотные удобрения в большей степени способствовали росту стеблей, формированию ассимиляционной поверхности и корневой системы растений топинамбура. Влияние калия в большей мере сказывается на росте клубней. Эти выводы подтвердились последующими исследованиями Байбаковой Ю.В., Усановой З.И. [4, 5, 128], о чем было сказано выше.

В.Н. Зеленков, Н.Г. Романова [33] опираясь на результаты некоторых авторов, подчеркивают высокую отзывчивость топинамбура как на органические, так и минеральные удобрения. Отмечают значительную роль органических и минеральных удобрений в формировании ассимиляционной поверхности. Также,

ассимиляционная поверхность на дерново-подзолистых почвах может увеличиться за счет органических удобрений и может достигать 56%.

Дополнительно, в районах с недостаточным уровнем увлажнения урожай зеленой массы благодаря применению минеральных удобрений увеличивается на 36-51%, тогда как урожай клубней растет на 21,5-22%. В то же время в условиях хорошего увлажнения наблюдается еще более высокое повышение: урожай зеленой массы увеличивается на 41-55%. Эти данные подтверждают важность применения различных видов удобрений в зависимости от гидрологических условий для оптимизации сельскохозяйственного производства.

В итоге, обобщение источников литературы представило достаточно хорошую изученность вопросов удобрения топинамбура. Имеются убедительные данные по выносу питательных веществ NPK с урожаем культуры, влияние внесения удобрений на фотосинтетическую деятельность растений в разных агроценозах, получение прибавок урожая надземной массы и клубней от внесения разных доз NPK, положительное действие удобрений на качество урожая.

Тем не менее, в настоящее время в существующей научной литературе наблюдается дефицит информации относительно воздействия комплексных удобрений на урожайность топинамбура, особенно в рамках их применения в некорневых подкормках. Это отсутствие достаточных данных стало серьезным обоснованием для начала научных исследований, посвященных теме «Совершенствование элементов технологии возделывания топинамбура в условиях Центрального Нечерноземья РФ». Такие исследования призваны предоставить более полное понимание значимости использования комплексных удобрений, особенно в контексте некорневого питания растений. Изучение влияния этих удобрений на урожайность топинамбура может открыть новые перспективы для агрономической практики, а также способствовать более эффективному управлению питательными веществами в условиях специфического региона, что важно для повышения общей продуктивности и экономической целесообразности возделывания данной культуры.

## ГЛАВА II. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Схема опыта и условия проведения исследований

Исследования выполнялись в полевом двухфакторном опыте в 2021-2023 г. г. который был заложен на опытном поле Тверской ГСХА на дерново-подзолистой остаточно карбонатной глееватой почве на морене, легкосуглинистой по гранулометрическому составу.

Агрохимическая характеристика почвы определялась ежегодно перед закладкой опыта.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0 – 22 см) до закладки опыта

Год	Содержание гумуса (по Тюрину), %	Содержание в мг/кг почвы			pH <sub>сол</sub>
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсанову	N <sub>л.г</sub> по Корнфилду	K <sub>2</sub> O по Кирсанову	
2021	1,60	326	71,4	154,0	4,85
2022	1,51	301	70,5	115,6	4,93
2023	1,42	297	80,3	94,7	5,05
Среднее	1,51	308	74,1	121,4	4,94

Схема опыта включала факторы:

Фактор А – вид комплексного удобрения при некорневой подкормке:

A<sub>1</sub> –фон (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>), контроль, опрыскивание водой, 300 л/га расход рабочей жидкости;

A<sub>2</sub> –фон (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>) + Акварин 3, 0,8 кг/га;

A<sub>3</sub> –фон (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>) + Акварин 5, 1,3 кг/га;

A<sub>4</sub> –фон (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>) + Фолирус Премиум, 5 л/га;

A<sub>5</sub> –фон (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>) + Гумат +7, 2 л/га.

Фактор В – способ применения:

B<sub>1</sub> – одна некорневая подкормка комплексными удобрениями при высоте растений 10-15 см.;

B<sub>2</sub> – 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 м<sup>2</sup> (4,2 м × 10 м)

по В – 21 м<sup>2</sup> (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 N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>

## 2.2 Объекты исследований и их характеристика

Топинамбур, известный также как земляная груша или подсолнечник клубненосный (*Helianthus tuberosus* L.), представляет собой многолетнее травянистое растение высотой от 1 до 3 метров и более, обладающее подземными клубнями [66, 67]. Это растение относится к роду *Helianthus*, подсемейству *Fubuliflora* (трубкоцветковые), семейству *Asteraceae* и порядку *Asterales* (Астроцветные) [66, 67].

Сорт топинамбура "Скороспелка" был выведен на кафедре растениеводства Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в сотрудничестве с Тульским НИИСХ методом отбора из белоклубневых форм скороспелых французских популяций в 1968 году под руководством З.И. Усановой и Г.В. Устименко - Бакумовского [140]. У данного сорта стебель зеленого цвета с антоциановой окраской, который отличается хорошей ветвистостью. Листья темно-зеленые, сердцевидной формы, с зубчатым краем.

Сорт имеет относительную низкую урожайность зеленой массы, колеблющуюся в пределах 300-650 ц/га, однако демонстрирует высокую урожайность клубней, составляющую 500-1000 ц/га. Клубни имеют белый цвет, овальную форму и выпуклые почки, их гладкая кожура позволяет компактно размещаться в почве. Цветение наблюдается в период с августа по сентябрь, а сорт имеет хорошую морозостойкость. 100-120 дней составляет вегетационный период от всходов до уборки для зеленой массы, для получения клубней - 140-150 дней.

Максимальная урожайность клубней в Тульской области в 1964 году составила 700 ц/га. Сорт "Скороспелка" слабо реагирует на сокращение светового дня. В отдельные годы в Центрально-Черноземном регионе возможно вызревание семян. Этот сорт подходит для механизированной уборки и рекомендован для возделывания в Центральном регионе России. Он был внесен в Госреестр селекционных достижений [66, 67].



Рисунок 1 – Топинамбур сорта «Скороспелка» на опытном поле Тверской ГСХА, фаза цветения

### **Комплексные удобрения:**

#### **Акварин 3**

Комплексное безбалластное неорганическое удобрение на основе соединений азота, фосфора, калия и микроэлементов. Компоненты Акварина 3 находятся в хеллатной форме. Другим преимуществом Акварина 3 является его способность усиливать действие других питательных веществ. Не содержит хлора и подобных вредных веществ, полностью растворим в воде.

Состав: соединения азота - 3%, фосфора – 11%, калия – 35%, магния – 4%, серы – 9%. Микроэлементы в форме хелатов: Fe (ДТПА) – 0,054%; Zn (ЭДТА) – 0,014%; Cu (ЭДТА) – 0,01%; Mn (ЭДТА) – 0,042%; Mo – 0,004%; В – 0,02% – до 1%.

Применение: Удобрение Акварин-3 (калийная группа Акваринов) наиболее эффективен при внекорневой подкормке (опрыскивании).

### **Акварин 5**

Водорастворимое комплексное минеральное удобрение. Удобрение Акварин 5 представляет собой средство агрохимии нового поколения, отличающееся современными технологиями производства, в частности, активным использованием метода хелатирования для связывания действующих веществ. Это хелатное удобрение обладает множеством преимуществ, включая минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, что делает его экологически безопасным. Оно исключает риск накопления вредных нитратов и фосфатов в сельскохозяйственной продукции, что является важным аспектом для здоровья потребителей. Кроме того, Акварин 5 экономичен в использовании, поскольку потери действующих веществ в хелатной форме сводятся к минимуму.

Также стоит отметить, что данное удобрение не только эффективно снабжает агрокультуры необходимыми микроэлементами, но и значительно повышает их устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и различным вредителям. Более того, Акварин 5 способствует улучшению усвоения традиционных удобрений, что в конечном итоге позволяет значительно повысить общую продуктивность и здоровье растений. Суммируя все вышеизложенное, можно уверенно утверждать, что использование Акварин 5 в сельском хозяйстве открывает новые возможности для оптимизации урожайности и устойчивости агрономических культур.

Состав: Азот N 18%, Фосфор P2O5 18%, Калий K2O 18%, Магний Mn 2%, Сера S 1,5%, Железо Fe (ДТПА) 0,054%, Цинк Zn (ЭДТА) 0,014%, Медь Cu (ЭДТА) 0,01%, Марганец Mn (ЭДТА) – 0,042%, Молибден Mo 0,004%, Бор B 0,02%.

### **Фолирус Премиум**

Универсальное комплексное микро- и макроудобрение, жидкое препаративная форма — удобство приготовления рабочего раствора, идеальная растворимость по сравнению с кристаллическими микроудобрениями, не

выпадает в осадок; возможность применения совместно с пестицидами и другими агрохимикатами; микроэлементы в хелатной форме, обеспечивают максимальную доступность для растений; эффективная работа в широком диапазоне рН 4,5-11; исключение износа и засорения форсунок опрыскивателя из-за отсутствия абразивных частиц в составе; не содержит токсичных и опасных веществ.

Макроэлементы: Азот N – 10%, Фосфор в виде  $P_2O_5$  – 10%, Калий в виде  $K_2O$  – 10%, Магний в виде  $MgO$  – 0,012%, железо в виде  $Fe_2$  – 0,012%.

Микрэлементы: Марганец (Mn) – 0,012%, Медь (Cu) – 0,012%, Бор (B) – 0,024%, Цинк (Zn) – 0,006%.

### **Гумат + 7**

Удобрение на основе гуминовых кислот. Гумат +7 вырабатывается на высокоокисленных бурых углях, содержит 80-88% солей гуминовых кислот (гуматы) и 7 основных микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности растений. Это Fe-0,4%, Cu-0,2%, Zn-0,2%, Mn-0,17%, Mo-0,018%, Co-0,02%, B-0,2%; NPK 1,5-0,15-5. Данный порошок хорошо растворяется в воде (на 96%), возможно выпадение небольшого хлопьевидного осадка.

### **2.3 Методика проведения наблюдений и определений**

Опираясь на современные методы растениеводства, земледелия, агрохимии, были проведены исследования.

1. Фенологические наблюдения включали в себя всесторонний мониторинг ключевых фаз развития растений, таких как всходы, бутонизация (появление первого бутона, находящегося в обвертке), цветение как верхних, так и боковых соцветий, а также отцветание этих соцветий и созревание, характеризующееся желтением и отмиранием нижних листьев. Особое внимание уделялось моментам, когда 10% растений достигли соответствующей стадии, и полной фазе, определяемой по достижению 70% растений этой стадии.

2. Динамика роста растений в высоту фиксировалась вплоть до момента проведения некорневой подкормки, после чего измерения осуществлялись каждые 10 дней до полного цветения. Для каждой экспериментальной группы было выделено 10 меток, на которых проводились данные замеры

3. Оценка фотосинтетической активности растений проводилась на 15-20-й день после появления всходов (в частности, для определения момента появления столонов), с последующими измерениями каждые 20 дней на протяжении всего вегетационного периода. В ходе исследования учитывались такие параметры, как высота растений, количество листьев на главном побеге, число боковых ветвей (в верхней и нижней части растения), площадь листьев одного растения в квадратных сантиметрах, общая площадь листьев на посев в тысячах квадратных метров на гектар, а также листовой фотосинтетический потенциал (ФПП) в тысячах  $\text{м}^2 \times \text{сутки}/\text{га}$ . Кроме того, анализировались сырая масса надземной части и клубней, количество клубней, содержание сухого вещества в надземной части растений (листья и стебли) и клубнях, а также коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (Кхоз). Площадь листьев одного растения определялась с использованием весового метода, путем высечки. Для оценки площади листьев на посев у всех отобранных растений, предназначенных для накопления урожая, листья были обрезаны и взвешены на электронных весах. Затем из этих листьев изготавливались высечки площадью  $0,785 \text{ см}^2$ . Десять листьев укладывались симметрично по центральной жилке, после чего вырезались необходимые высечки. Масса высеченных образцов определялась на весах с точностью до 0,01 г [109].

Листовой фотосинтетический потенциал посева (ФПП) вычислялся методом графического интегрирования [109, 149].

4. Формирование структуры урожая и его общая урожайность оцениваются по ряду ключевых показателей, включая надземную массу ботвы растений, массу клубней, а также количество клубней, приходящихся на одно растение. Кроме того, анализируются масса и количество клубней в зависимости от их фракции, что подразумевает разделение на крупные, средние и мелкие клубни. Определение структуры урожая проводилось за 1-2 дня до начала уборочных работ, что позволяет получить наиболее точные данные о итогах роста и развития растений за весь вегетационный период [109]. Важно отметить, что качественный анализ структуры урожая дает возможность не только оценить его

количественные характеристики, но и глубже понять влияние различных агрономических факторов на формирование клубней и общую продуктивность культуры. Таким образом, данный подход обеспечивает более полное представление о результатах возделывания и может служить основой для разработки эффективных методов управления урожайностью в будущем.

5. Анализ содержания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O и pH в почве осуществлялся до закладки опыта. Для определения щелочно-гидролизуемого азота использовался метод А.Х. Корнфилда [154]. Подвижный фосфор и обменный калий определялись по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011); pH солевой вытяжки измерялся потенциометрически (ГОСТ 26483-85); массовая доля органического вещества вычислялась по методу И.В. Тюрина (вариант ЦИНАО) согласно ГОСТ 26213-91.

6. Определение качества урожая: Определение сухого вещества весовым методом с использованием лабораторных весов электронных AC-210P Sartorius и квадрантных ВЛКТ-500М по ГОСТ 31640-2012 п.7.3.1. массовой доли растворимых углеводов (сахаров) фотометрическим методом с применением фотоэлектрического фотометра КФК-3-01 ЗОМЗ по ГОСТ 26176-2019 п.8. Определение массовой доли сырого протеина по методу Къльдаля в соответствии с ГОСТ 13496.4-2019 п.8

7. Статистическая обработка: проводилась методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов Б.А. Доспехов [28].

8. Дозы удобрений определены на основе исследований Ю.В. Байбаковой, [4,5], З.И. Усановой, Ю.В. Байбаковой, [128] в расчете на возделывание топинамбура по низкозатратной технологии.

9. Оценка экономической эффективности производства топинамбура была проведена с учетом различных факторов, включая материально-технические затраты, рыночные цены на конечную продукцию, а также расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ), посадочные клубни, удобрения и другие сопутствующие затраты. В процессе расчетов применялись технологические карты, которые были разработаны с тщательным учетом всех технологических

операций, выполняемых в каждом конкретном варианте опыта. Такой подход позволяет получить более детализированную и объективную картину производственного процесса, выявляя не только финансовые затраты, но и возможные резервы для повышения общей эффективности возделывания топинамбура. Использование технологических карт также способствует лучшему пониманию взаимосвязей между различными элементами производственного цикла, что может стать основой для дальнейших оптимизаций и улучшений в агрономической практике.

## **2.4 Технология топинамбура в опытных посадках**

Технологию применяли в опыте, альтернативную экологически безопасной, рекомендуемую для условий Центрального Нечерноземья (Верхневолжья) [108]. В технологии не применяли химические средства защиты растений и другие пестициды. Использовали невысокую норму удобрений.

Предшественник: занятый вико-овсяный пар, без удобрений. Удобрение - доза NPK (фон) определена по результатам исследований [128]. Она составила  $N_{64}P_{64}K_{64}$  удобрения вносили весной под первую обработку междурядий в виде азофоски.

Расчеты удобрений, сделанные балансовым методом [109] с использованием современных данных выноса NPK растениями топинамбура и коэффициентов использования NPK из почвы и удобрений [66,67], показали, что норма  $N_{64}P_{64}K_{64}$  достаточна, чтобы получить урожайность надземной зеленой массы: по N 38, по  $P_2O_5$  29, по  $K_2O$  38 т/га, клубней соответственно – 50, 38 и 51 т/га. В сумме сырой фитомассы можно получить с гектара посадок: по N 88, по  $P_2O_5$  77, по  $K_2O$  89 т (Приложение №А).

Обработка почвы – дискование после уборки культуры занятого пара, БДТ-3, отвальная вспашка за 10-12 дней до посадки на глубину 20-22 см., культивация на глубину 8-10 см за 3-5 дней до посадки, нарезка гребней за 1-2 дня до посадки культиватором КОН – 2,8 ПМ.

Посадка проводилась осенью: 25.09.20 г.; 07.10.21 г.; 22.10.22 г. свежевыкопанными клубнями средней фракции по схеме 70 см × 30 см, густота посадки 47,6 тыс. клубней на гектаре, глубина заделки 8-10 см от верхней поверхности клубней.

Весенний уход включал в себя обработку междурядий 1-2 раза до всходов и 2-а раза после всходов агрегатом МТЗ-82 + КОН – 2,8 ПМ, некорневые подкормки по схеме опыта, удаление крупных сорняков при ручной прополке всех делянок. При учете определяли отдельно массу надземной части и массу клубней. Сбрасывали 5% массы на загрязненность клубней. Учет и уборку урожая производили вручную с учетной площади делянки со всех 4-х повторений: 04.10.21 г.; 05.10.22 г., 07.10.23 г.

## 2.5 Характеристика погодных условий в годы исследований

Погодные условия по декадам с мая по сентябрь за 2021 – 2023 гг. показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Погодные условия в годы исследований

Месяц	Дека да	Среднесуточная $t$ , °C				Сумма осадков, мм			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	норма	2021 г.	2022 г.	2023 г.	норма
Май	1	8,3	7,6	6,8	10,2	30	14	1	15
	2	17,8	16,4	14,3	11,5	4	5	7	15
	3	13,4	14,1	14,6	13,4	37	21	25	21
	ср.	13,4	12,7	11,9	11,8	71	40	33	51
Июнь	1	16,3	16,3	12,9	15,8	13	42	6	22
	2	19,7	16,8	17,0	16,2	34	24	1	25
	3	23,6	20,1	17,0	17,1	56	0	38	26
	ср.	19,9	17,7	15,6	16,4	103	66	45	75
Июль	1	21,4	20,8	19,0	17,5	4	10	20	36
	2	24	17,7	16,2	18,1	4	4	56	23
	3	18,5	19,2	17,2	18	15	67	52	35
	ср.	21,3	19,2	17,5	17,9	23	81	128	94
Август	1	19,5	19,7	22,0	17,8	32	39	3	21
	2	19,7	20,3	19,8	15,5	12	1	47	24
	3	14,9	20,5	14,7	14,3	16	10	8	23
	ср.	18,00	20,2	18,8	15,9	60	50	58	68
Сентябрь	1	10,8	8,1	14,8	12,5	19	13	10	19
	2	9,4	10,9	13,0	9,9	14	33	4	24
	3	9,1	8,3	14,6	8,2	68	42	8	21
	ср.	9,8	9,1	14,1	10,2	101	88	22	64
Сумма за период, от всходов до уборки		2223,0	2026,7	2089,3	1921,8	316,6	285	278	304

Погодные условия 2021 года характеризовались аномально жарким и сухим июлем, а также второй декадой августа, что оказало значительное влияние на развитие растений. В то же время сентябрь оказался холодным, что также внесло свои корректизы в процесс вегетации. В течение всего вегетационного периода сумма температур превысила среднемноголетнюю норму на 261,1 °C, что свидетельствует о достаточно высоких температурах в течение более ранних месяцев. При этом количество осадков на протяжении данного периода фактически соответствовало климатической норме, что создало благоприятные условия для роста, несмотря на аномальную жару.

Данные метеорологические условия могут быть ключевыми для понимания, как они повлияли на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, а также на общую агрономическую практику в условиях данной климатической зоны.

Погодные условия вегетационного периода 2022 года характеризовались жарким и сухим августом, а также теплой третьей декадой июня и первой декадой июля, при этом сентябрь был холодным. В итоге за весь вегетационный период температура была выше среднемноголетней нормы на 185,0 °C, а сумма осадков составила 94,9% от климатической нормы.

Вегетационный период 2023 года был отмечен разнообразными погодными условиями, которые существенно влияли на рост и развитие растений. Июнь был холодным и сухим, что создало определенные трудности для начальных этапов вегетации. Затем, во 2-й и 3-й декадах июля, наблюдались холодные и дождливые погодные условия, что могло способствовать накоплению влаги в почве, однако в то же время снижало общую температуру, благоприятствующую активному росту. 1-я и 2-я декады августа внесли контраст, так как они были жаркими, создавая условия для увеличения роста растений перед приходом осени. В сентябре же погода была теплой и сухой, что позволило завершить вегетационный цикл. В результате, за весь вегетационный период сумма температур оказалась на 167,5 °C выше среднемноголетней нормы, что указывает на общее преобладание тепла в течение этих месяцев. Однако количество осадков

составило лишь 86,6% от климатической нормы, что отражает недостаток влаги, что могло повлиять на конечные результаты урожайности. Эти метеорологические условия важно учитывать для анализа влияния климатических факторов на агрономическую практику и формирование качественных показателей урожая в данной климатической зоне.

Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову составил в 2021 году – 1,42, в 2022 году – 1,42, а в 2023 году – 1,33, в то время как нормы для этих периодов равнялись 1,58; 1,62; 1,67. Засушливые периоды создавались в 2021 г – в июле, в 2022 г – в 3 декаде июня, 1 и 2 декадах июля, 1 и 2 декадах августа, в 2023 г – в 1 и 2 декадах июня, в сентябре. Однако временный дефицит влаги не оказал существенное влияние на урожайность в связи с хорошо развитой корневой системой и устойчивостью растений к засухе. Наиболее благоприятным для формирования урожая клубней оказался 2023 год в связи с очень теплым сентябрем, когда происходит интенсивный рост клубней.

Более опасной была июльская засуха 2021 год, когда происходило образование репродуктивных органов и столонов.

Таким образом, в годы исследований создавались благоприятные условия для формирования урожайности топинамбура.

## ГЛАВА III. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ ТОПИНАМБУРА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЬВАНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

На рост и развитие растений, а также на формирование урожая и его качество оказывает значительное влияние комплекс разнообразных агротехнических и агрометеорологических факторов. Среди этих факторов одним из наиболее важных является минеральное питание растений, которое играет ключевую роль в обеспечении их роста и продуктивности. Для достижения оптимальных условий питания растений необходимо не только создавать благоприятные условия, но и постоянно контролировать их на протяжении всего вегетационного периода.

Ключевым аспектом является то, что отдельные элементы питания оказывают неодинаковое воздействие на развитие различных культур, включая топинамбур. Эффективность некорневых подкормок, проводимых с использованием комплексных удобрений, в значительной мере зависит от типа выбранных удобрений, а также от сроков их применения и частоты обработки. Каждый из этих факторов может существенно оказывать влияние на конечный результат, будь то увеличение урожайности или улучшение его качества.

Некорневые подкормки выступают важным инструментом, позволяющим улучшить минеральное питание растений, что в конечном итоге сказывается на их устойчивость к болезням и продуктивности. Эти подкормки помогают растению лучше усваивать необходимые питательные вещества, что особенно актуально в условиях ограниченных ресурсов или неблагоприятных климатических условий. Таким образом, правильное понимание и применение агрономических методов, включая некорневые подкормки, становится важным шагом на пути к повышению урожайности и качества продукции [120].

### 3.1 Рост и развитие топинамбура при применении некорневых подкормок

Рост и развитие растений зависит от многих факторов – биологических, агрометеорологических, агротехнических [75, 136, 138, 150]. Из этих факторов

существенное влияние оказывают удобрения, разные способы их применения, включая некорневые подкормки [132].

Ускорение развития топинамбура удлинение периода активного роста клубней способствует повышению их урожайности и продуктивности агроценоза [119].

В результате исследований было доказано, что фазы развития растений топинамбура, а также длительность промежуточных периодов значительно варьировались в зависимости от различных экспериментальных вариантов и конкретного года исследования (таблицы 3-6, приложение Б).

Особенно заметным было влияние, которое оказало двукратное опрыскивание посадок на продолжительность промежуточных периодов в 2021 году. Это свидетельствует о том, что агрономические приемы, такие как опрыскивание, могут существенно модифицировать временные рамки и динамику развития растений. Эти результаты подчеркивают важность подбора агрономических мероприятий в зависимости от условий, существующих в конкретный период времени, и могут служить основой для дальнейших исследований, направленных на совершенствование технологий возделывания топинамбура с целью повышения его продуктивности и устойчивости к климатическим изменениям.

В этом случае все изучаемые комплексные удобрения при двукратном опрыскивании сокращали период «всходы-бутонизация» на 4-5 дней, в то время как при однократном опрыскивании это наблюдалось лишь в варианте с Фолиус Премиум (на 3 дня). Период «бутонизация-цветение» на 2 дня сокращался при однократной подкормке Гуматом +7 и двукратной Акварином 5 и Фолиус Премиум.

В целом период «всходы-отцветание» на 3 и 2 дня уменьшился при одной некорневой подкормке Фолиус Премиум и Гуматом +7 и на 4-6 дней при двукратной подкормке всеми изучаемыми удобрениями. Эти изменения математически доказаны статистической обработкой результатов опыта.

Таблица 3 – Продолжительность межфазных периодов топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, дней, 2021 г.

Вид удобрения (А)	Число подкормок (В)	Периоды			
		Всходы-бутонизация	Бутонизация-цветение	Цветение-отцветание	Всходы-отцветание
Контроль	1	68	16	33	117
Акварин 3		68	16	33	117
Акварин 5		67	16	33	116
Фолирус Премиум		65	16	33	114
Гумат +7		67	14	33	115
В среднем по удобрениям		66,8	15,5	33,0	115,5
Контроль	2	70	17	32	119
Акварин 3		66	16	33	115
Акварин 5		66	15	33	114
Фолирус Премиум		65	15	33	113
Гумат +7		66	16	31	113
В среднем по удобрениям		65,8	15,5	32,5	113,8
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>					3,1
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>					1,4
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>					2,2

В 2022 г. также, как и 2021 г. двукратные некорневые подкормки изучаемыми удобрениями сократили период «всходы-бутонизация» на 4-6 дней, максимально от опрыскивания Фолерус Премиум. При однократной подкормке уменьшение этого периода наблюдалось только от опрыскивания Акварином 3 и Гуматом +7. В этом году наблюдалось увеличение фазы бутонизация на 2-3 дня при двукратной подкормке, при однократной подкормке она изменяется незначительно.

Фаза цветения возрастила на 3 дня при некорневых подкормках Фолирус Премиум и Гуматом +7. Сокращение продолжительности периода «всходы-бутонизация» и увеличение других периодов снизелировало общую продолжительность вегетационного периода.

В этом году колебание по вариантам были менее значительные, хотя по фактору А НСР<sub>05</sub> была меньше, чем разница между контролем и вариантами с некорневой подкормкой.

Таблица 4 – Продолжительность межфазных периодов топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, дней, 2022 г.

Вид удобрения (А)	Число подкормок (В)	Периоды			
		Всходы-бутонизация	Бутонизация-цветение	Цветение-отцветание	Всходы-отцветание
Контроль	1	51	20	34	105
Акварин 3		49	20	36	105
Акварин 5		50	20	34	104
Фолирус Премиум		50	19	37	106
Гумат +7		48	21	36	105
В среднем по удобрениям		49,3	20,0	35,8	105,0
Контроль	2	52	19	34	105
Акварин 3		48	21	35	104
Акварин 5		47	22	35	104
Фолирус Премиум		46	22	37	105
Гумат +7		47	22	37	106
В среднем по удобрениям		47,0	21,8	36,0	104,8
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>					2,6
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>					0,9
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>					1,84

В 2023 г. наблюдалось более слабое влияние некорневых подкормок на прохождение фаз развития топинамбура. Не выявлено также преимущества двукратной подкормки.

Так, период «всходы-бутонизация» при однократном опрыскивании в одном варианте (Гумат+7) увеличивался на 1 день, в двух (Акварин 5 и Фолерус Премиум) сокращался на 1 день. При двукратной подкормке достоверное уменьшение этого периода (на 2 дня) наблюдалось в вариантах с Акварином 5 и Фолирус Премиум.

В период «бутонизация-цветение» существенное (на 2 дня) сокращение периода наблюдалось от однократного опрыскивания посадок Фолирус Премиум.

В период «цветение-отцветание» некорневые подкормки, наоборот, увеличивали продолжительность фазы цветение, при однократном и двукратном опрыскивании на 2-5 дней, максимум в вариантах с Фолирус Премиум и Гуматом +7.

Таблица 5 – Продолжительность межфазных периодов топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, дней, 2023 г.

Вид удобрения (A)	Число подкормок (B)	Периоды				
		Всходы-бутонизация	Бутонизация-цветение	Цветение-отцветание	Всходы-отцветание	
Контроль	1	60	22	28	110	
Акварин 3		60	21	31	112	
Акварин 5		59	23	30	112	
Фолирус Премиум		59	18	33	110	
Гумат +7		61	20	32	113	
В среднем по удобрениям		59,8	20,5	31,5	111,8	
Контроль	2	61	21	28	110	
Акварин 3		60	21	32	113	
Акварин 5		60	21	30	111	
Фолирус Премиум		59	22	33	114	
Гумат +7		58	21	33	112	
В среднем по удобрениям		59,3	21,3	32,0	112,5	
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>					2,5	
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>					1,1	
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>					1,8	

Зафиксированное увеличение продолжительности периодов «бутонизация-цветение» и «цветение-отцветание» оказалось более значительным по сравнению с сокращением, наблюдаемым в периоде «всходы-бутонизация». В результате общий вегетационный период от «всходов до отцветания» в некоторых вариантах оказался длиннее, чем в контрольной группе.

При однократном опрыскивании в вариантах с Акварином 3, Акварином 5 и Гуматом +7 продолжительность вегетационного периода была на 2-3 дня больше, а при двукратном опрыскивании - на 3-4 дня в вариантах с Акварином 3 и Фолирус Премиум.

Непохожее действие изучаемых удобрений на длительность межфазных периодов в разные годы объясняется изменениями агрометеорологических условий. При недостатке тепла и влаги, которое более значительным было в 2021 г., растения ускоряли развитие, а при лучших условиях тепла и влагообеспеченности, которые наблюдались в 2022-23 г. увеличивали периоды фаз развития.

В среднем за 3 года оказалось, что существенно (на 2-4 дня) снижался период «всходы-бутонизация» при однократной подкормке Фолирус Премиум и двукратной – всеми изучаемыми комплексными удобрениями.

В ходе исследования в период «бутонизация-цветение» были отмечены незначительные отклонения в продолжительности данного этапа по различным вариантам опыта по сравнению с контрольными группами 1 и 2. Это говорит о стабильности поведения растений на этих этапах, что является важным показателем в агрономических практиках.

Однако в период «цветение-отцветание» наблюдалось увеличение продолжительности на 2-3 дня в результате однократного опрыскивания Фолирус Премиум. При двукратном опрыскивании, аналогично, все изучаемые удобрения также способствовали увеличению продолжительности этого периода.

Таблица 6 – Продолжительность межфазных периодов топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, дней, среднее 2021-2023 гг.

Вид удобрения (А)	Число подкормок (В)	Периоды				
		Всходы-бутонизация	Бутонизация-цветение	Цветение-отцветание	Всходы-отцветание	
Контроль	1	60	19	32	111	
Акварин 3		59	19	33	111	
Акварин 5		59	20	32	111	
Фолирус Премиум		58	18	34	110	
Гумат +7		59	18	34	111	
В среднем по удобрениям		58,8	18,8	33,3	110,8	
Контроль	2	61	19	31	111	
Акварин 3		58	19	33	110	
Акварин 5		58	19	33	110	
Фолирус Премиум		57	20	34	111	
Гумат +7		57	20	34	111	
В среднем по удобрениям		57,5	19,5	33,5	110,5	
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>					2,7	
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>					1,1	
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>					2,0	

Таким образом, в итоге наших наблюдений за три года по разным вариантам опыта были выявлены результаты, которые продемонстрировали, что

продолжительность вегетационного периода «всходы-от цветание» была практически одинаковой и составила 110-111 дней.

Комплексные удобрения, внесенные в некорневую подкормку, в среднем оказывали слабое влияние на развитие растений, ускоряя или замедляя продолжительность межфазных периодов. Более сильное влияние они оказывали при двукратном опрыскивании растений.

В благоприятные по агроклиматическим условиям годы (2022, 2023) некорневые подкормки удлиняли фазы цветения и от цветания, которые при этом наступали на 2-4 дня позднее контроля.

Наибольшее действие на развитие растений оказывали комплексные удобрения – Фолирус Премиум и Гумат +7, которые в разные годы сокращали межфазный период «всходы-бутонизация» на 5,1-6,6%, увеличивали продолжительность периодов «бутонизация-от цветание» на 15,8%, «цветение-от цветание» на 9,7-17,3%.

Значительный интерес представляет влияние подкормок на ростовые процессы топинамбура. Рост – это увеличение размеров и массы растений [75]. Сначала рассмотрим, как комплексные удобрения влияют на рост растений в высоту, что представляет собой изменение одного из измеряемых параметров.

В ходе исследований было установлено, что в разные фазы роста растений влияние некорневых подкормок на высоту растений и их прирост варьировалось (таблицы 7-8).

После первой и второй обработок топинамбура комплексными удобрениями высота растений по вариантам опыта изменилась незначительно. В начале бутонизации уже проявилось действие некорневой подкормки – прирост высоты увеличился в сравнении с контролем: от одной подкормки на 5-7 см, от двух на 2-3 см.

В фазу цветения, когда идет ветвление стебля, одна подкормка увеличила прирост только в варианте с Акварином 5 (на 5 см), две подкормки – во всех вариантах на 6-13 см, в большей мере при обработке Акварином 5.

Прирост высоты растений за весь период наблюдения увеличился при одной подкормке на 5-9 см, при двух – на 11-19 см.

Таким образом, некорневые подкормки усиливали рост растений в высоту. Конечная высота растений топинамбура в период цветения при одной подкормке наибольших размеров достигла в варианте с обработкой Акварином 3 (200 см), а при двух – Фолерус Премиум (207 см), в контроле она была 194 и 199 см.

Некорневые подкормки увеличили среднесуточный прирост высоты за весь период наблюдений (рисунок 2). При одной подкормке он увеличился на 0,1-0,2 см, при двух – на 0,2-0,4 см.

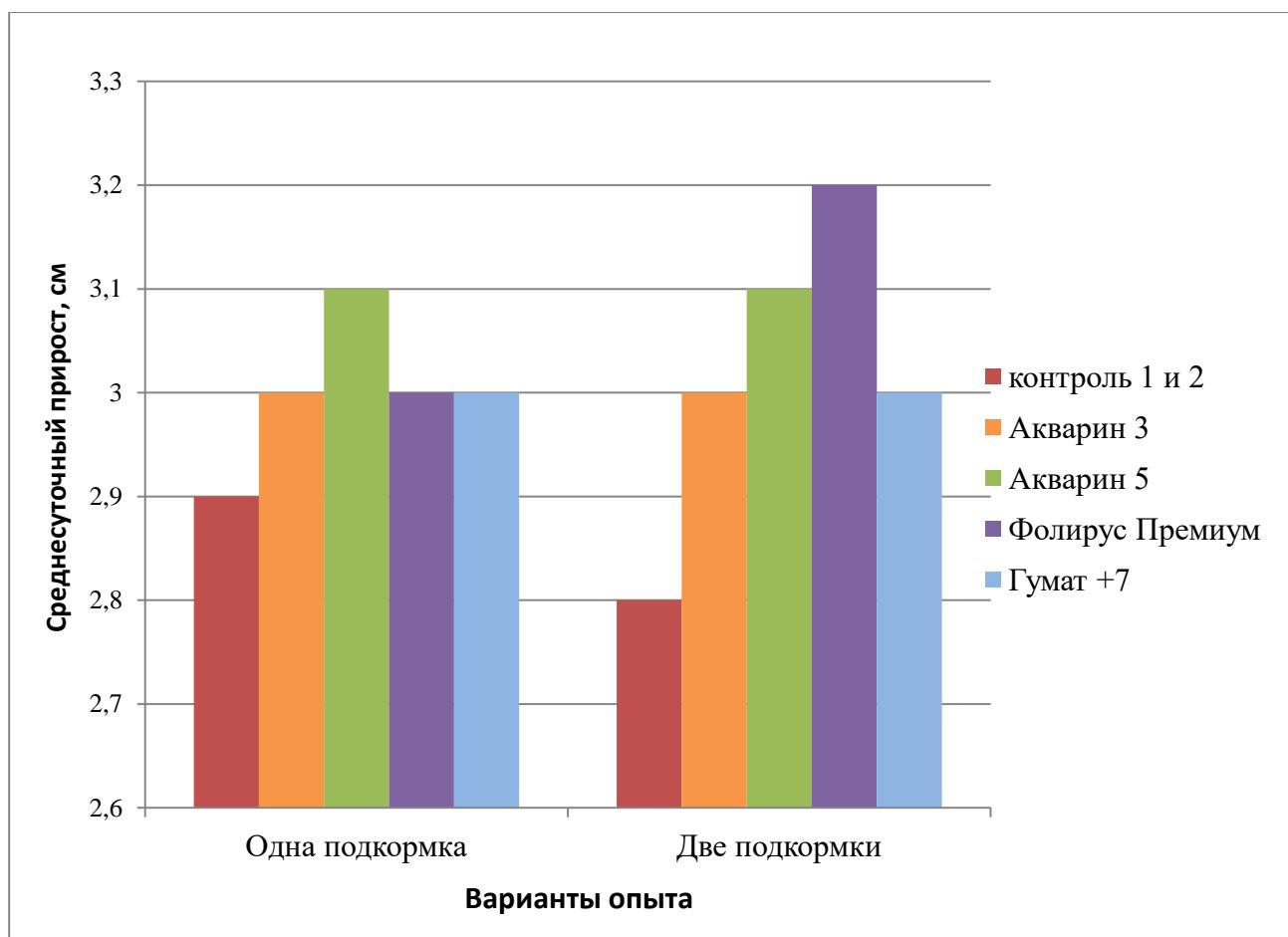


Рисунок 2 – Влияние некорневых подкормок на среднесуточный прирост растений за период вегетации топинамбура, см

Таблица 7 – Влияние некорневых подкормок на рост растений в высоту, 2021-2023 гг., см

Под кор- мки (B)	Вид удобре- ния (A)	До обработки				После 1-й обработки				После 2-й обработки				Начало бутонизации				Бутонизация				Цветение			
		2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем
B <sub>1</sub>	Контроль	47	46	48	47	81	78	74	78	111	124	102	112	128	148	115	130	-	179	156	168	168	210	204	194
	Акварин 3	48	48	44	47	81	82	74	79	115	131	105	117	146	164	115	142	-	196	155	176	179	217	203	200
	Акварин 5	49	39	40	43	83	72	67	74	110	116	96	107	140	145	105	130	-	176	146	161	182	207	209	199
	Фолирус Премиум	48	41	46	45	80	74	72	75	108	119	99	109	142	150	111	134	-	179	165	172	180	208	209	199
	Гумат +7	47	40	45	44	82	71	71	75	108	117	91	105	144	144	104	131	-	176	155	166	183	200	206	196
В среднем по удобрениям		48	42	44	45	82	75	71	76	110	121	98	110	143	151	109	134	-	182	155	169	181	208	207	199
B <sub>2</sub>	Контроль	48	34	44	42	77	64	70	70	104	112	95	104	135	142	105	127	-	165	156	161	158	200	204	187
	Акварин 3	50	38	48	45	81	72	71	75	109	112	93	105	140	143	102	128	-	174	151	163	179	213	204	199
	Акварин 5	46	36	46	43	81	72	67	73	108	115	84	102	144	141	102	129	-	173	148	161	177	211	222	203
	Фолирус Премиум	47	31	49	42	79	67	71	72	106	119	85	103	145	150	111	135	-	180	160	170	183	216	221	207
	Гумат +7	48	31	45	41	79	62	72	71	106	106	99	104	141	137	105	128	-	168	162	165	180	197	217	198
В среднем по удобрениям		48	34	47	43	80	68	70	73	107	113	90	104	143	143	105	130	-	174	155	165	180	209	216	202
НСР <sub>05</sub> для частных различий																16,84				20,13					
НСР <sub>05</sub> для удобрения																4,07				4,87					
НСР <sub>05</sub> для кол-ва подкормок																10,66				12,7					

Таблица 8 – Влияние некорневых подкормок на прирост растений в высоту, 2021-2023 гг., см

Подкормки (B)	Вид удобрения (A)	После 1-й обработки				После 2-й обработки				Начало бутонизации				Бутонизация				Цветение				Прирост за вегетацию				
		2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	
B1	Контроль	35	32	26	31	29	46	28	34	17	24	14	18	-	31	41	36	40	31	48	40	40	121	164	157	147
	Акварин 3	34	34	30	33	34	49	31	38	31	33	10	25	-	32	40	36	33	21	48	34	34	131	169	159	153
	Акварин 5	35	33	27	32	27	44	29	33	30	29	9	23	-	31	41	36	42	31	63	45	45	133	168	169	156
	Фолирус Премиум	32	33	26	30	28	45	27	33	34	31	12	26	-	29	54	42	38	29	44	37	37	132	167	163	154
	Гумат +7	35	31	26	31	26	46	20	31	36	27	13	25	-	32	51	42	39	24	51	38	38	136	160	161	152
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>34</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>46</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	-	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>26</b>	<b>52</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>133</b>	<b>166</b>	<b>163</b>	<b>154</b>
B2	Контроль	29	30	26	28	26	48	25	33	31	30	12	24	-	23	46	35	23	35	48	35	35	110	166	157	144
	Акварин 3	31	34	23	29	28	40	22	30	31	31	18	27	-	31	46	39	39	39	53	44	44	129	175	162	155
	Акварин 5	35	36	21	31	27	43	17	29	36	26	17	26	-	32	46	39	33	38	74	48	48	131	175	175	160
	Фолирус Премиум	32	36	22	30	26	52	14	31	39	31	12	27	-	30	58	44	38	36	61	45	45	136	185	167	163
	Гумат +7	31	31	27	30	28	44	27	33	35	31	12	26	-	31	51	41	39	29	55	41	41	132	166	172	157
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>32</b>	<b>34</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>45</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	-	<b>31</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>61</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>132</b>	<b>175</b>	<b>169</b>	<b>159</b>
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>																					<b>15,67</b>					
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>																					<b>3,79</b>					
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>																					<b>9,92</b>					

### 3.2 Влагообеспеченность и водопотребление топинамбура

Влагообеспеченность посевов (посадок) является основой для получения действительно возможных урожаев (ДВУ) большинства сельскохозяйственных растений в каждом конкретном регионе [17, 76, 37]. Чтобы достичь такой урожайности, уровень влажности почвы должен быть в пределах от 100 до 60% от предельной полевой влагоемкости (ППВ). При этом 60% - это влажность разрыва капилляров (ВРК), при которой начинается угнетение растений, отмирание корней, что сопровождается снижением урожайности [75].

Топинамбур по своей биологической природе отличается повышенной способностью в потреблении почвенной влаги, благодаря хорошо развитой корневой системе. По данным З.И. Усановой, В.Ю. Байбаковой [105] в период бутонизации и цветения общий объем корней у топинамбура ( $225 \text{ см}^3$ ) в 1,5-3,5 раза больше, чем у картофеля, рабочая поверхность их ( $32,2 \text{ см}^3$ ) в 6,5-8,5 раза.

Исследованиями Г.В. Устименко, З.И. Усановой [137], выполненными в вегетационных опытах в сосудах Митчерлиха, установлено, что топинамбур способен переносить сильную засуху, когда влажность почвы снижается до 10% от ППВ. При этом наиболее короткий период засухи (6 дней) с наибольшим ущербом урожаю, он выносит во время образования репродуктивных органов (бутонизации). В молодом возрасте (сразу после всходов) растения способны выдержать более длительную засуху (29 дней), чем в более позднем (10-6 дней) без снижения урожайности.

Влагообеспеченность растений в Центральном Нечерноземье, как правило, не достигает критических значений для топинамбура. Наши исследования мы проводили в 2021-2023 гг., которые мало различались по суммарному водопотреблению (W). Учитывая осеннюю посадку топинамбура в опытах (первая декада октября), начальные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы (Wo) мы определяли в период всходов, когда температура воздуха повышалась до 13-15 °C. Они составляли соответственно по годам 160, 152 и 146 мм. За период «всходы-уборка урожая» (первая декада октября) осадков ( $\sum O_c$ ) выпало 317, 285 и 278 мм. Суммарное водопотребление ( $W=W_0 + \sum O_c \times K_{осадков}$ )

[109] достигло величин по годам: 2021 – 477 мм, 2022 – 437 мм, 2023 – 424 мм. Разница по годам составила 13-53 мм.

В эти годы Гидротермический коэффициент по Селянинову равнялся соответственно по годам – 1,42; 1,42; 1,33 при норме за эти периоды – 1,56; 1,62; 1,67 (см. табл. 3).

Для формирования урожая значимы не только общие объемы осадков, но и их распределение на протяжении вегетационного периода, что позволяет выделить моменты, когда наблюдался недостаток влаги (рисунок 3). В годы проведения исследований эти моменты фиксировались в разные сроки. Например, в 2021 году растения испытывали нехватку влаги в июле — в начальный период бутонизации, а также во второй и третий десятках августа и в первой и второй декадах сентября, когда происходил активный рост клубней. В фазу бутонизации (репродуктивный период) топинамбур наиболее чувствителен к недостатку влаги [137]. Это существенно сказалось на урожаях сухой фитомассы и клубней.

В 2022 г. дефицит влаги мог ощущаться в более ранний период - конец июня – начало июля, когда топинамбур менее чувствителен к ее недостатку. Кратковременный недостаток влаги мог отмечаться во 2-й и 3-й декадах августа.

В 2023 г. сухая погода стояла в мае и июне, а также в сентябре (в сочетании с повышенной температурой воздуха). В сентябре происходило отцветание растений (созревание). Сухая теплая погода способствовала усиленной фотосинтетической деятельности растений и усиленному оттоку пластических веществ в клубни, что способствовало росту урожайности.

Неодинаковое распределение влаги и тепла в течение вегетации растений в годы исследований способствовало разному накоплению сухой фитомассы и клубней топинамбура (таблицы 1-3). Урожай сухой фитомассы составил в 2021 г – 152,6; в 2022 г – 205,1; в 2023 г – 405,5 ц/га, а клубней соответственно 324,6; 743,0 и 847,0 ц/га.

Коэффициенты водопотребления топинамбура находятся в прямой зависимости от суммарного водопотребления и в противоположной от величины

урожая сухой фитомассы (биологические) и клубней (товарные) [37]. Измеряются по формуле:  $K_w = W \times 100 Y$ , где  $W$  – суммарное водопотребление,  $Y$  – урожай сухой фитомассы или клубней,  $K_w$  – коэффициент водопотребления, измеряемый в  $\text{мм} \times \text{га}/\text{ц}$ , что равнозначно  $\text{м}^3/\text{т}$  [109].

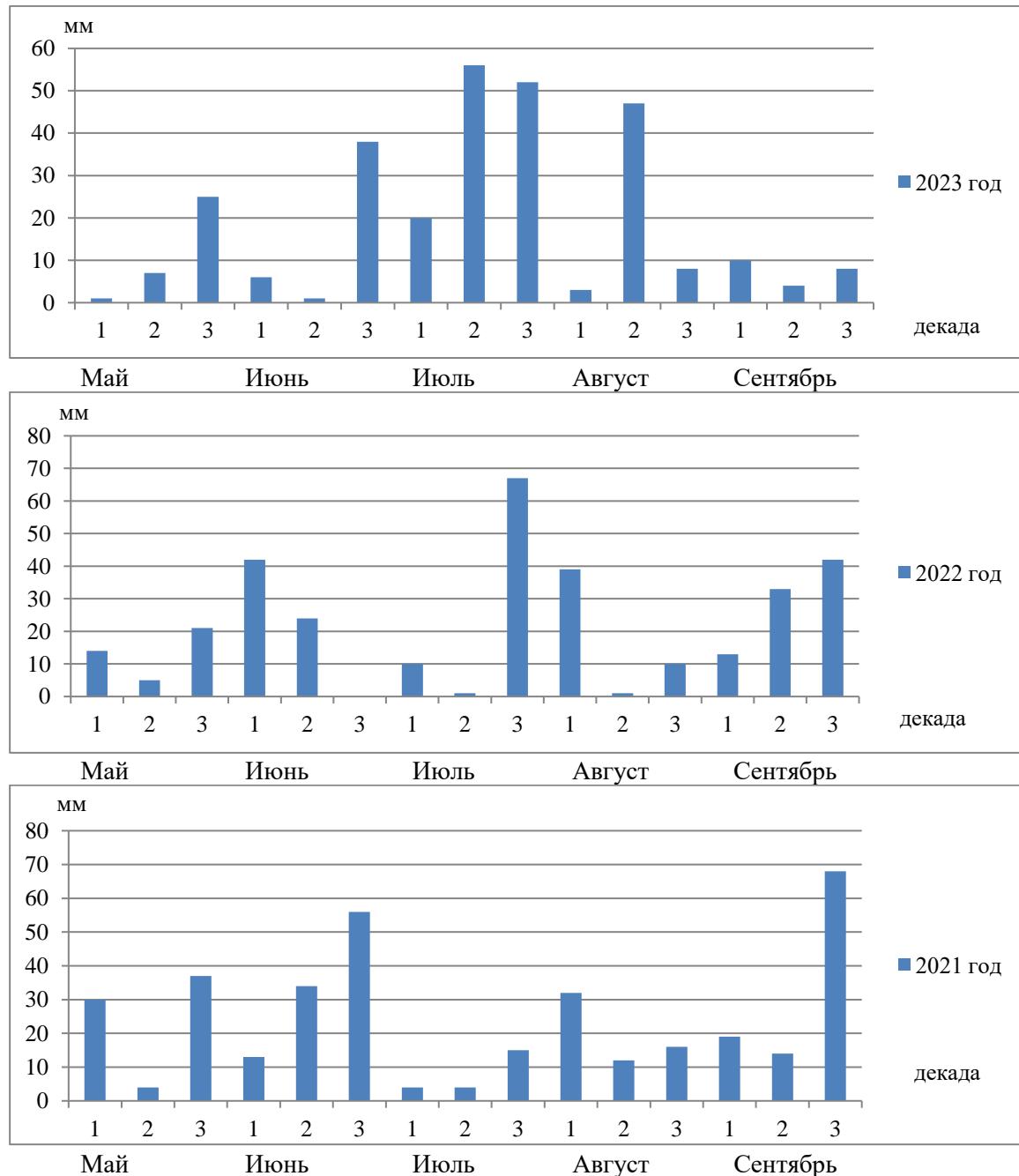


Рисунок 3 – Распределение осадков в течение вегетации топинамбура в разные годы опыта, мм

Исследования показали, что  $K_w$  зависели как от агроклиматических условий года, так и от некорневых подкормок.

Так, в 2021 г. (таблица 9) применение некорневых подкормок изучаемыми комплексными удобрениями снижало биологические коэффициенты водопотребления с 405,6 до 361,6-266,7  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ , то есть на 44,0-138,9  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  или на 10,8-34,2 % при одном опрыскивании и с 482 до 378-228,8  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ , на 104-193,2  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  или на 21,6-40,0 % при двух.

Наибольший  $K_w$  биол. отмечен: при одном опрыскивании – Акварин 3 (245,8  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ), при двух – Гумат +7 (228,8  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ).

Таблица 9 – Коэффициенты водопотребления топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, 2021 г.,  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ )

Вид удобрения (A)	Кол-во подкормок (B)	W, мм	У сух.фит., ц/га	Kw биол., $\text{мм} \times \text{га/ц}$	Урожайность клубней, ц/га	Kw тов., $\text{мм} \times \text{га/ц}$
Контроль	1	476,6	117,5	405,6	244	195,3
Акварин 3		476,6	193,9	245,8	358	133,1
Акварин 5		476,6	148,2	321,6	349	136,6
Фолирус Премиум		476,6	154,8	307,9	277	172,1
Гумат +7		476,6	178,7	266,7	317	150,3
В среднем по удобрениям		476,6	168,9	285,5	325,3	148,0
Контроль	2	476,6	98,87	482,0	250	190,6
Акварин 3		476,6	151,9	313,8	348	137,0
Акварин 5		476,6	147,3	323,6	312	152,7
Фолирус Премиум		476,6	126,1	378,0	365	130,6
Гумат +7		476,6	208,3	228,8	426	111,9
В среднем по удобрениям		476,6	158,4	311,1	362,8	133,1
В среднем за год		476,6	152,6	325,0	324,6	150,4
<b>НСР05 для частных различий</b>				21,4		9,8
<b>НСР05 для удобрения</b>				8,83		4,1
<b>НСР05 для кол-ва подкормок</b>				15,09		6,9

Товарные коэффициенты водопотребления в 2021 г. также уменьшались в вариантах с применением некорневых подкормок: при одном опрыскивании со 195,3 до 171,1-133,1  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ , при двух – со 190,6 до 152,7-111,9  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ , то есть

на 24,2-62,2  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  и на 37,9-78,7  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  или соответственно на 12,4-31,8 % при одном и на 19,2-41,3 % при двух опрыскиваниях.

Более экономичным расходованием воды на 1 ц клубней отличались посадки топинамбура с некорневыми подкормками Акварином 3 и Гуматом +7, в которых получены наименьшие  $K_w$  тов. – 133,1 и 111,9  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ .

В 2022 г. расход воды на единицу сухой фитомассы и клубней был меньше, чем в 2021 г. в связи с лучшей влагообеспеченностью топинамбура в критические периоды потребности в воде (таблица 10).

Таблица 10 – Коэффициенты водопотребления топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, 2022 г.,  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ )

Вид удобрения (A)	Кол-во подкормок (B)	W, мм	У сух.фит., ц/га	K <sub>w</sub> биол., $\text{мм} \times \text{га/ц}$	Урожайность клубней, ц/га	K <sub>w</sub> тов., $\text{мм} \times \text{га/ц}$
Контроль	1	437,0	189,7	230,4	727	60,1
Акварин 3		437,0	244,0	179,1	876	49,9
Акварин 5		437,0	137,9	316,9	797	54,8
Фолирус Премиум		437,0	174,2	250,9	867	50,4
Гумат +7		437,0	254,7	171,6	777	56,2
В среднем по удобрениям		437,0	202,7	229,6	829,3	52,8
Контроль	2	437,0	209,2	208,9	643	68,0
Акварин 3		437,0	260,7	167,6	773	56,5
Акварин 5		437,0	143,2	305,2	653	66,9
Фолирус Премиум		437,0	183,5	238,1	636	68,7
Гумат +7		437,0	253,8	172,2	681	64,2
В среднем по удобрениям		437,0	210,3	220,8	685,8	64,1
В среднем за год		437,0	205,1	222,3	743,0	59,5
<b>HCP<sub>05</sub> для частных различий</b>				14,01		3,93
<b>HCP<sub>05</sub> для удобрения</b>				5,8		1,64
<b>HCP<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>				9,9		2,78

Наименьшими  $K_w$  биол. отличались варианты с некорневыми подкормками Гуматом +7 (171,6) и Акварином 3 (179,1  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) при одном опрыскивании и Акварином 3 (167,6) и Гуматом +7 (172,2  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) при двух. По сравнению с

контролем расход воды соответственно уменьшился на 26,3 и 25,5 % при однократной подкормке и на 19,8 и 17,6 % при двукратной.

Товарные коэффициенты водопотребления в 2022 г. были значительно меньше, чем в 2021 г., в связи с повышением урожайности клубней. Наименьшими они отмечены в вариантах с Акварином 3 как при одном опрыскивании (49,9  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ), так и при двух (56,5). По сравнению с контролем 1 и 2 они снизились на 17,0 и 16,1 %.

В 2023 г. продолжалось дальнейшее снижение  $K_w$  биол. и  $K_w$  тов. в сравнении с предыдущими годами (таблица 11). Это объясняется повышением продуктивности топинамбура благодаря улучшению агроклиматических условий.

Таблица 11 – Коэффициенты водопотребления топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, 2023 г.,  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ )

Вид удобрения (A)	Кол-во подкормок (B)	W, мм	У сух.фит., ц/га	Kw биол., $\text{мм} \times \text{га/ц}$	Урожайность клубней, ц/га	Kw тов., $\text{мм} \times \text{га/ц}$
Контроль	1	424	244,2	173,6	443	95,7
Акварин 3		424	445,9	95,1	732	57,9
Акварин 5		424	566,4	74,9	856	49,5
Фолирус Премиум		424	239,2	177,3	934	45,4
Гумат +7		424	253,9	167,0	737	57,5
В среднем по удобрениям		424	376,4	128,6	814,8	52,6
Контроль	2	424	388,5	109,1	580	73,1
Акварин 3		424	437,5	96,9	927	45,7
Акварин 5		424	464,9	91,2	906	46,8
Фолирус Премиум		424	520,4	81,5	1151	36,8
Гумат +7		424	493,8	85,9	1204	35,2
В среднем по удобрениям		424	479,2	88,9	1047	41,1
В среднем за год		424	405,5	113,8	847	53,8
<b>НСР05 для частных различий</b>			8,03			3,38
<b>НСР05 для удобрения</b>			3,40			1,41
<b>НСР05 для кол-ва подкормок</b>			5,67			2,39

Биологические коэффициенты самых низких значений достигли в вариантах с Акварином 5 (74,9  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) при одной подкормке и с Фолирус Премиум (81,5) при двух. Снижение этих показателей в сравнении с контролем составило 56,3 и 23,5 %.

Товарные коэффициенты водопотребления в 2023 году при одной подкормке более низкими были при применении – Фолирус Премиум (45,4  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ), при двух – Гумата +7 (35,2  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ). По сравнению с контролем 1 и 2 они снизились соответственно на 52,6 и 51,8 %.

Таблица 12 – Коэффициенты водопотребления топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, среднее за 2021-2023 гг.,  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ )

Вид удобрения (А)	Кол-во подкормок (В)	Kw биол.	Kw тов.
Контроль	1	269,9	117,0
Акварин 3		173,3	80,3
Акварин 5		237,8	80,3
Фолирус Премиум		245,4	89,3
Гумат +7		201,8	88,0
В среднем по удобрениям		214,6	84,5
Контроль	2	266,7	110,6
Акварин 3		192,8	79,7
Акварин 5		240,0	88,8
Фолирус Премиум		232,5	78,7
Гумат +7		162,3	70,4
В среднем по удобрениям		206,9	79,4
В среднем за год		220,4	87,9
<b>НСР05 для частных различий</b>		<b>14,41</b>	<b>6,49</b>
<b>НСР05 для удобрения</b>		<b>5,25</b>	<b>2,71</b>
<b>НСР05 для кол-ва подкормок</b>		<b>10,70</b>	<b>4,59</b>

В среднем за 3 года, некорневые подкормки всеми изучаемыми комплексными удобрениями способствовали более экономичному расходованию влаги растениями топинамбура (таблица 12). Более низкими биологическими коэффициентами водопотребления характеризовались препараты Акварин 3 (177,3  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) при одном опрыскивании и Гумат +7 (162,3  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) – при двух,

а товарные – при одной подкормке Акварином 3 и Акварином 5 (одинаковые показатели 80,3  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) при двух – Гуматом +7 (70,4  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ). В этих вариантах снижение расхода воды уменьшилось по биологическим коэффициентам на 35,8 и 39,1 %, по товарным – на 45,9 и 27,4 %.

Двукратная некорневая подкормка, в среднем по удобрениям, в среднем за 3 года, снизила  $K_w$  биол. на 7,7,  $K_w$  тов. на 2,5  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ , что для  $K_w$  биол является существенным ( $HCP_{05} = 5,25$ ).

Таким образом, обеспеченность топинамбура влагой по показателю – суммарное водопотребление (W) мало различалось по годам. Однако существенный дефицит влаги в отдельные годы приходился на разные периоды вегетации с неодинаковой чувствительностью растений к недостатку влаги.

Более экономичным расходованием воды топинамбуру отличался в 2023 г., когда дефицит влаги в почве не совпадал с критическим периодом потребления влаги растениями. Комплексные удобрения при некорневых подкормках способствовали снижению расхода воды как на формирование сухой фитомассы - на 36-39 % в лучших вариантах, так и клубней - на 27-46 %.

В среднем за 3 года, наименьшими биологическими коэффициентами характеризовались варианты с Акварином 3 при одном опрыскивании (173,3  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) и Гуматом +7 при двух (162,3  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ), а товарными – с Акварином 3 и Акварином 5 при одном опрыскивании (80,3  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ) и с Гуматом +7 – при двух (70,4  $\text{мм} \times \text{га/ц}$ ).

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

### **3.3 Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность растений топинамбура в разных агроценозах**

Урожай создается в процессе фотосинтеза [17, 18, 61]. Его формирование требует создания условий оптимальной фотосинтетической деятельности в

агроценозах (посевах), которые одинаково важны для большинства сельскохозяйственных культур. Наиболее полно они были сформулированы А.А. Ничипоровичем [63].

Основными показателями фотосинтетической активности, которые необходимо учитывать при создании высокопродуктивных посевов, являются несколько ключевых параметров. Во-первых, это площадь листьев посева, которая играет критически важную роль в обеспечении оптимальных условий для фотосинтеза в агроценозе. Во-вторых, важным является фотосинтетический потенциал агроценоза (ФПП), который отражает теоретические максимумы фотосинтетической активности в данной экосистеме.

Кроме того, следует также учитывать интенсивность накопления сырой и сухой массы растениями, что является важным показателем хода производственного процесса и отражает эффективность использования ресурсов. Чистая продуктивность фотосинтеза, представляющая собой разницу между накопленной фотосинтетической продукцией и затратами на дыхание, также является важным аспектом в оценке общего состояния растений.

Не менее значимым является коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза, который помогает определить, насколько эффективно растения преобразуют солнечную энергию в более ценную биомассу, что в конечном итоге влияет на урожайность хозяйственно более ценной продукции данной культуры (для топинамбура – клубни) [63,124]. Учитывая все эти показатели, можно создать более эффективные агрономические стратегии, направленные на оптимизацию фотосинтетической деятельности и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Успешная фотосинтетическая деятельность растений в посевах (агроценозах) достигается при полном обеспечении растений всеми жизненно необходимыми факторами (агробиологическими, агротехническими, агрометеорологическими) [18].

### 3.3.1 Создание площади листьев агроценоза

Площадь листьев агроценоза (посева) – это произведение площади листьев одного растения и густоты стояния. Поэтому важно знать, как формируется площадь листьев одного растения топинамбура и как влияют некорневые подкормки на ее величину. В результате исследований выявлено:

- Топинамбур сорта Скороспелка создает большую площадь листьев одного растения, которая может превышать 1 м<sup>2</sup> (таблица 13);
- На ее размеры положительное влияние оказывают некорневые подкормки;
- Разные комплексные удобрения по разному влияют на ее величину;
- Ассимиляционная поверхность растения постепенно возрастает и достигает максимума во время цветения;
- Двукратная подкормка увеличивает площадь листьев одного растения как показано в таблице 13.

После первой и второй обработки растворами комплексных удобрений их влияние проявлялось слабо. В среднем за три года, существенные прибавки площади листьев обеспечили обработки Акварином 3 и Акварином 5 (324-599 см<sup>2</sup>) при одном опрыскивании и Фолерус Премиум и Гуматом +7 (919-936 см<sup>2</sup>) при двух.

В период бутонизации изучаемые комплексные удобрения способствовали увеличению площади листьев одного растения, в большей мере: при одной подкормке – Фоликус Премиум, при двух – Акварином 3.

В период цветения отмечалось сильное влияние изучаемых препаратов на ассимиляционную поверхность. Максимальную по величине площадь листьев сформировал топинамбур при одной подкормке в варианте с Акварином 3 (12946 см<sup>2</sup>), при двух – с Фолерус Премиум (11803 см<sup>2</sup>).

Развитие площади листьев агроценоза происходило по аналогичному принципу, что и увеличение площади листьев отдельного растения (см. таблицы 13-14). Это свидетельствует о том, что процессы, регулирующие развитие листовой поверхности в пределах агрономической системы, повторяют те же

закономерности, что и в рамках отдельного организма. Таким образом, можно сделать вывод, что факторы, влияющие на рост и развитие листьев, работают как на уровне отдельных растений, так и на уровне всего агроценоза. Это может иметь важные практические последствия для агрономической практики, поскольку понимание этих принципов позволяет более эффективно управлять выращиванием топинамбура и оптимизировать условия, способствующие максимальному развитию площади листьев как в отдельных растениях, так и в целом в посеве (агроценозе). Влияние некорневых подкормок на этот показатель проявилось, в основном, в фазы бутонизации и цветения. В это время подкормка всеми препаратами увеличивала площадь листьев агроценоза.

Так, в фазу бутонизации при одной подкормке наибольшей величины она достигла в варианте с применением Акванина 5 – 28,7 тыс.м<sup>2</sup>/га и Фолерус Премиум – 29,1 тыс.м<sup>2</sup>/га, прибавки к контролю составили 7,3 и 7,7 тыс.м<sup>2</sup>/га. При двух подкормках более высокие значения этого показателя оказались в вариантах с Акварином 3 – 39,9 тыс.м<sup>2</sup>/га и Фолерус Премиум – 34,3 тыс.м<sup>2</sup>/га, прибавки к контролю составили 15,3 и 9,7 тыс.м<sup>2</sup>/га.

В период максимума (фаза цветения) наибольшей величины площадь листьев достигала при одном опрыскивании Акварином 3 – 61,62 тыс.м<sup>2</sup>/га, при двух Фолерус Премиум – 56,18 тыс.м<sup>2</sup>/га, прибавки к контролю 1 и 2 составили 26,35 и 22,57 тыс.м<sup>2</sup>/га. Во время бутонизации две подкормки увеличили площадь листьев на 5,5, во время цветения – лишь на 1,97 тыс.м<sup>2</sup>/га, что является недостоверным.

Формирование площади листьев посева (агроценоза) должно проходить по оптимальным графикам. Согласно этим графикам, как доказано А.А.Ничипоровичем [63], площадь листьев как можно быстрее должна достигать оптимальной величины и дольше удерживаться в этом состоянии, а затем снижаться такими же темпами, как и нарастила. Такой рост площади листьев посева приемлем тем растениям, у которых к полной спелости листья полностью усыхают. Например, это относится к зерновым культурам, к многолетним травам при выращивании их на сено [17, 103].

Таблица 13 – Динамика роста площади листьев одного растения в см<sup>2</sup> за 2021-2023 гг.

Под кор мки (В)	Вид удобрения (А)	После 1-й обработки			После 2-й обработки			Бутонизация			Цветение					
		2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем
B <sub>1</sub>	Контроль	765	918	842	1231	3227	2127	2195	3130	4857	5470	4486	5660	7222	8978	7287
	Акварин 3	837	902	870	1400	2948	1945	2098	5623	6394	4859	5625	9668	11415	17756	12946
	Акварин 5	700	1065	883	1254	3930	2081	2422	4918	8325	4828	6024	6066	6969	20938	11324
	Фолирус Премиум	821	937	879	1798	4048	2245	2697	5937	7212	5180	6110	9874	11642	9299	10272
	Гумат +7	825	842	834	1212	3239	2218	2223	2994	8218	5174	5462	9055	8666	8123	8615
В среднем по удобрениям		796	937	867	1416	3541	2122	2360	4868	7537	5010	5805	8666	9673	14029	10789
B <sub>2</sub>	Контроль	765	988	877	790	1850	2265	1635	1499	6111	7879	5163	3832	6078	11304	7071
	Акварин 3	837	932	885	1154	2959	2403	2172	3315	12277	9572	8388	8518	12309	13099	11309
	Акварин 5	700	918	809	1357	2620	2247	2075	2484	8282	6445	5737	9893	7285	15585	10921
	Фолирус Премиум	821	902	862	1469	3414	2779	2554	2090	10493	9038	7207	8302	12488	14620	11803
	Гумат +7	825	1065	945	1903	3033	2869	2602	2907	9405	7292	6535	10449	9646	12247	10781
В среднем по удобрениям		796	954	875	1471	3007	2575	2351	2699	10114	8087	6967	9291	10432	13888	11204
НСР05 для частных различий													1037,8			
НСР05 для удобрения													251,2			
НСР05 для кол-ва подкормок													3,13			

Таблица 14 – Динамика роста площади листьев агроценоза в тыс.м<sup>2</sup>/га за 2021-2023 гг.

Под кор мки (В)	Вид удобрения (А)	После 1-й обработки			После 2-й обработки				Бутонизация				Цветение				При уборке В среднем
		2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	
B <sub>1</sub>	Контроль	3,64	4,37	<b>4,01</b>	5,8	15,36	10,12	<b>10,4</b>	14,90	23,12	26,04	<b>21,40</b>	26,9	34,38	42,74	<b>34,67</b>	<b>24,3</b>
	Акварин 3	3,98	4,30	<b>4,14</b>	6,6	14,03	9,26	<b>9,96</b>	26,70	30,44	23,13	<b>26,80</b>	46,0	54,33	84,52	<b>61,62</b>	<b>43,1</b>
	Акварин 5	3,33	5,07	<b>4,20</b>	5,9	18,71	9,90	<b>11,5</b>	23,40	39,63	22,98	<b>28,70</b>	28,8	33,17	99,66	<b>53,88</b>	<b>37,7</b>
	Фолирус Премиум	3,91	4,46	<b>4,19</b>	8,6	19,27	10,69	<b>12,9</b>	28,40	34,33	24,66	<b>29,10</b>	47,0	55,41	44,26	<b>48,89</b>	<b>34,2</b>
	Гумат +7	3,93	4,01	<b>3,97</b>	5,7	15,42	10,56	<b>10,6</b>	14,20	39,12	24,63	<b>26,0</b>	43,1	41,25	38,67	<b>41,01</b>	<b>29,3</b>
<b>В среднем по удобрениям</b>		3,79	4,46	<b>4,13</b>	6,7	16,86	10,10	<b>11,24</b>	23,18	35,88	23,85	<b>27,65</b>	41,23	46,04	66,78	<b>51,35</b>	<b>36,1</b>
B <sub>2</sub>	Контроль	3,64	4,7	<b>4,17</b>	3,7	8,81	10,78	<b>7,76</b>	7,10	29,09	37,50	<b>24,60</b>	18,1	28,93	53,81	<b>33,61</b>	<b>23,5</b>
	Акварин 3	3,98	4,44	<b>4,21</b>	5,5	14,08	11,44	<b>10,3</b>	15,7	58,44	45,56	<b>39,90</b>	40,5	58,59	62,35	<b>53,81</b>	<b>37,7</b>
	Акварин 5	3,33	4,37	<b>3,85</b>	6,5	12,47	10,69	<b>9,89</b>	11,8	39,42	30,68	<b>27,30</b>	47,1	34,67	74,18	<b>51,98</b>	<b>36,4</b>
	Фолирус Премиум	3,91	4,29	<b>4,10</b>	7,0	16,25	13,23	<b>12,2</b>	9,90	49,95	43,02	<b>34,30</b>	39,5	59,44	69,59	<b>56,18</b>	<b>39,3</b>
	Гумат +7	3,93	5,07	<b>4,50</b>	9,0	14,43	13,66	<b>12,4</b>	13,80	44,77	34,71	<b>31,10</b>	49,7	45,91	58,29	<b>51,3</b>	<b>35,9</b>
<b>В среднем по удобрениям</b>		3,79	4,54	<b>4,17</b>	7,0	14,31	12,26	<b>11,2</b>	12,80	48,15	38,49	<b>33,15</b>	44,2	49,65	66,10	<b>53,32</b>	<b>37,3</b>
<b>НСР05 для частных различий</b>													<b>4,94</b>				
<b>НСР05 для удобрения</b>													<b>2,08</b>				
<b>НСР05 для кол-ва подкормок</b>													<b>3,13</b>				

Исследования, проводимые в Центральном Нечерноземье [5,65] показали, что у топинамбура площадь листьев максимального значения достигает в фазу цветения (первая декада сентября). К уборке урожая (первая декада октября) листовая поверхность, в среднем, снижается примерно на 30 % от максимума. В нашем опыте в отдельные годы (2021, 2022 гг.) сокращение площади листьев не наступило даже к уборке урожая. На рисунках 4,5 показано, что некорневые подкормки улучшают (оптимизируют) рост площади листьев, увеличивая ее величину во все периоды вегетации. В большей мере это наблюдается при некорневых подкормках комплексными удобрениями Акварин 3 и Фолирус Премиум.

Следовательно, сорт Скороспелка формирует площадь листьев, превышающую оптимальные размеры (40-50 тыс. м<sup>2</sup>/га) [18, 63], что, в свою очередь, способствует накоплению высоких урожаев как надземной массы, так и клубней.

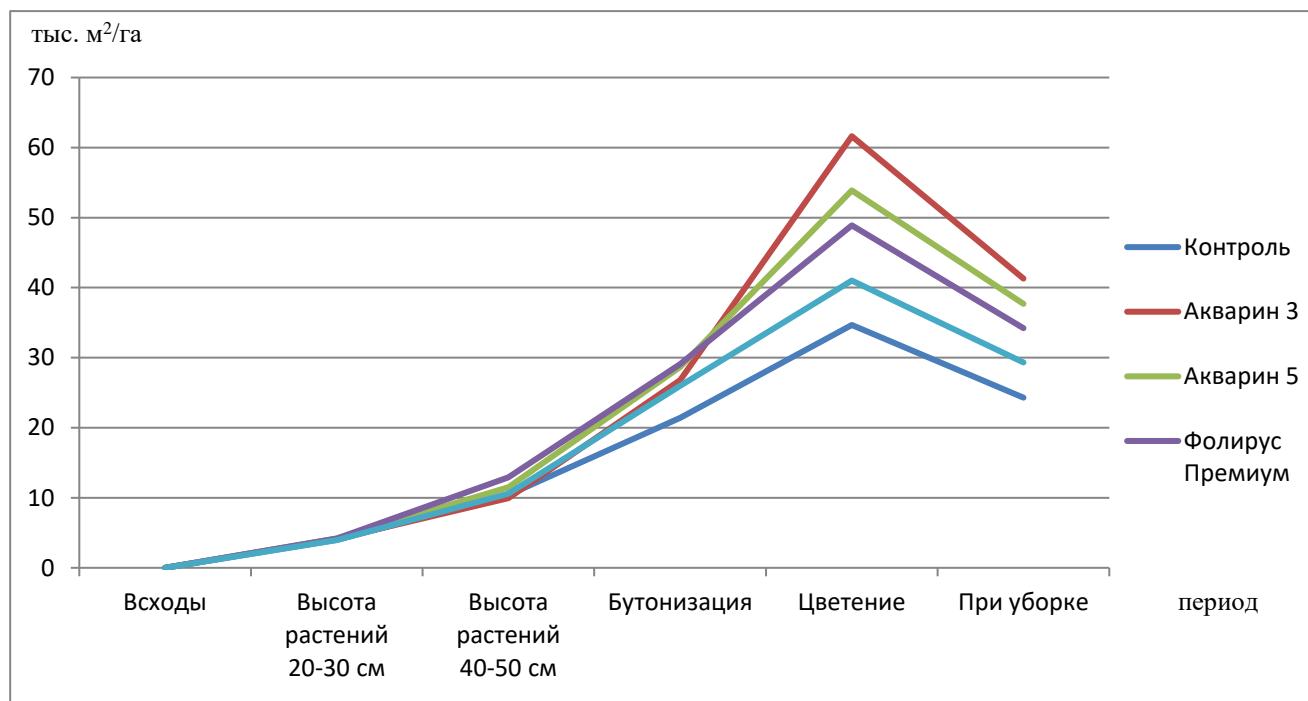


Рисунок 4 – Динамика формирования площади листьев агроценоза топинамбура при однократной обработке (в тыс. м<sup>2</sup>/га), в среднем за 3 года

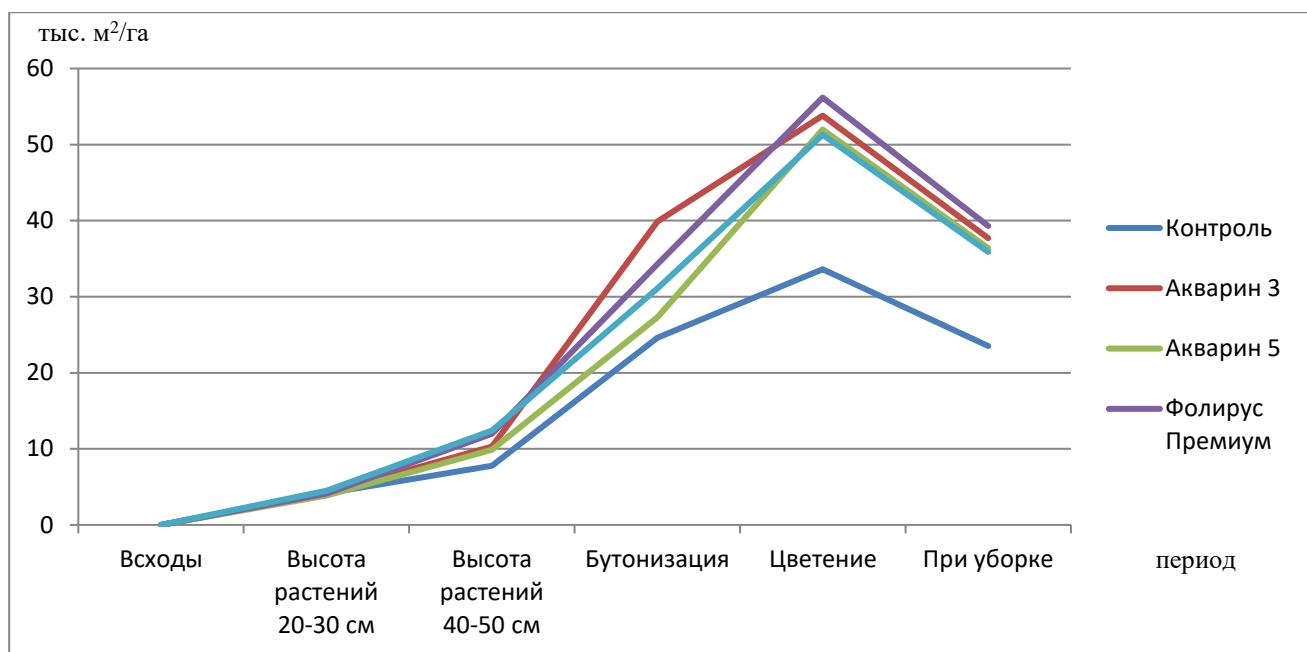


Рисунок 5 – Динамика формирования площади листьев агроценоза топинамбура при двукратной обработке (в тыс. м<sup>2</sup>/га), в среднем за 3 года

Некорневые подкормки всеми комплексными удобрениями существенно увеличивали площадь листьев одного растения и агроценоза.

Наибольшую площадь листьев агроценоза, в среднем за три года, сформировал топинамбур при одной некорневой подкормке Акварином 3 – 61,62 тыс.м<sup>2</sup>/га, при двух – Фолиус Премиум – 56,18 тыс.м<sup>2</sup>/га.

### 3.3.2 Создание фотосинтетического потенциала агроценоза (посева)

Мощность фотосинтетического потенциала агроценоза (посева) (ФПП) определяется площадью листьев агроценоза и периодом их нормального функционирования, когда листья сохраняют зеленый цвет, как уже было упомянуто выше.

Исследования суммарного за вегетацию ФПП ( $\Sigma$ ФПП) выявили его зависимость от метеорологических условий вегетационного периода, вида удобрения некорневой подкормки и числа подкормок (таблица 15, приложение В). Менее мощный ФПП был сформирован в 2021 году, когда в начале вегетации (май-июнь) создавалось избыточное увлажнение с последующей засухой в июле и 1,2 декадах августа. Это способствовало усыханию нижних листьев.

Таблица 15 – Фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура ( $\Sigma\text{ФПП}$ ), тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ , 2021-2023 гг.

Кол-во подкормок (B)	Вид удобрения (A)	2021	2022	2023	В среднем
B <sub>1</sub>	Контроль	1020	1515,7	2282,6	1606,1
	Акварин 3	1607	2187,1	3417,2	2403,8
	Акварин 5	1252	1704,2	3893,8	2283,3
	Фоликус Премиум	1750	2323,6	2305,8	2126,5
	Гумат +7	1167	1909,9	2125,7	1734,2
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>1444</b>	<b>2031,2</b>	<b>2935,6</b>	<b>2136,9</b>
B <sub>2</sub>	Контроль	977	1345,6	2935,8	1752,8
	Акварин 3	1172	2637,4	3409,2	2406,2
	Акварин 5	1177	1675,1	3346,1	2066,1
	Фоликус Премиум	1049	25,89,4	3591,3	2410,1
	Гумат +7	1368	2103,2	3066,8	2179,3
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>1192</b>	<b>2138,6</b>	<b>3353,4</b>	<b>2265,4</b>
HCP <sub>05</sub> для частных различий		127,2	202,7	308,1	212,7
HCP <sub>05</sub> для удобрения		30,8	49,0	74,6	52,5
HCP <sub>05</sub> для кол-ва подкормок		80,5	128,3	195,0	134,6

Так, в 2021 г.  $\Sigma\text{ФПП}$  был меньше, чем в 2022 г на 569-921,4 и, чем в 2023 г, на 1446-2121 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ , что не могло не сказаться на общей продуктивности агроценоза. Наибольший  $\Sigma\text{ФПП}$  сформировался при одной подкормке в 2021 г и 2022 г при опрыскивании Фолерус Премиум, в 2023 г – Акварином 5, а при двух – соответственно по годам Гуматом +7, Акварином 3 и Фолерус Премиум.

В среднем за 3 года, более мощный  $\Sigma\text{ФПП}$  был сформирован при одной подкормке Акварином 3 – 2403,8, при двух – Фолерус Премиум 2410,1 и Акварином 3 – 2406,2 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ .

Выявлено, что формирование ФПП в 2022 г. продолжалось до уборки урожая (до 01.10.22 г.), а в 2023 г. к уборке (07.10.23 г.) он снизился примерно на 30%. Так, в 2022 г. ФПП с 30.08. по 01.10. увеличился, в среднем при одной подкормке, с 434,1 до 462,9 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки}$  на гектар, а при двух – с 714,5 до 764,1 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ . В 2023 г., наоборот, он снизился при одной подкормке с 1277,8 до 961,5, а при двух – с 1427,18 до 986,5 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$  (приложение В).

Важным показателем результативности фотосинтетической деятельности является производительность ФПП, которая показывает, сколько кг основной продукции получено на 1000 единиц ФПП [141] Исследования показали, что производительность ФПП зависела от изучаемых факторов и агрометеорологических условий (таблица 16).

Полученные в среднем за три года данные свидетельствуют о том, что некорневые подкормки большей части исследуемых комплексных удобрений повышали производительность ФПП. Так, при однократном опрыскивании этот показатель увеличивался в вариантах с Акварином 5, Фолирус Премиум и Гуматом +7, по общему урожаю фитомасса на 3,3-3,7 кг, при двух – в вариантах с Акварином 5 и Гуматом +7 на 0,4-3,7 кг, а по урожаю клубней в этих же вариантах на 1,7-3,7 кг и на 0,9-3,3 кг.

Выявлено также, что не во все годы отмечается рост производительности ФПП от применения некорневых подкормок. Это наблюдалось в 2022 году, когда действие комплексных удобрений сильнее проявилось в увеличении мощности ФПП. В этом году в контролях 1 и 2 производительность ФПП была значительно выше (84,4-88,6 кг сырой фитомассы), чем при некорневых подкормках, соответственно 60,5-83,9 кг при одном опрыскивании и 51,3-73,7 кг при двух.

Таким образом, можно заключить, что в условиях Центрального Нечерноземья в годы, когда формируется более значительный фотосинтетический потенциал (ФПП), рост урожайности топинамбура не обусловлен увеличением производительности ФПП, а связан с увеличением площади ассимиляционной поверхности.

Двукратная некорневая подкормка не способствовала росту производительности ФПП, но увеличивала мощность ФПП (на 125,8 тыс.м<sup>2</sup>×сутки/га).

Таблица 16 – Производительность ФПП топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, кг на 1 тыс.ед. ФПП

Вид удобрения (A)	Число под кормок (B)	2021 г		2022 г		2023 г		В среднем		
		Получено на 1000 единиц ФПП, кг								
		всего фитомассы	в т.ч. клубней	всего фитомассы	в т.ч. клубней	всего фитомассы	в т.ч. клубней	всего фитомассы	в т.ч. клубней	
Контроль	1	36,8	24,0	84,4	48,0	36,7	19,1	52,6	30,5	
Акварин 3		35,3	22,3	74,9	40,0	35,2	21,4	48,5	27,9	
Акварин 5		46,0	27,9	83,9	41,8	39,1	22,0	56,3	32,2	
Фолерус Премиум		26,7	15,8	64,8	37,3	67,8	48,5	56,3	33,9	
Гумат +7		47,3	27,2	60,5	40,7	59,9	34,6	55,9	34,2	
В среднем по пудобрениям		38,8	23,3	71,0	39,9	50,5	31,6	54,3	32,1	
Контроль	2	36,8	25,6	88,6	47,8	34,6	19,7	53,3	31,0	
Акварин 3		45,5	26,7	51,3	29,3	45,2	27,2	47,3	27,7	
Акварин 5		43,4	26,7	73,7	39,0	45,7	27,1	54,3	31,9	
Фолерус Премиум		50,9	34,7	51,8	24,6	49,1	34,4	50,6	31,2	
Гумат + 7		49,4	31,1	63,0	32,4	60,4	39,3	57,6	34,3	
В среднем по удобрениям		47,3	29,8	59,9	31,3	50,1	32,0	52,5	31,3	
<b>НСР05 для частных различий</b>								<b>3,60</b>	<b>2,08</b>	
<b>НСР05 для удобрения</b>								<b>1,49</b>	<b>0,87</b>	
<b>НСР05 для кол-ва подкормок</b>								<b>2,54</b>	<b>1,47</b>	

### 3.3.3 Ход производственного процесса топинамбура

Динамика накоплений сырой и сухой фитомассы характеризует ход производственного процесса топинамбура в зависимости от некорневых подкормок различными комплексными удобрениями.

Как правило, некорневые подкормки способствовали увеличению массы одного растения во все годы наблюдений и в разные периоды вегетации, что показано на рисунках 6,7,8 и в таблице 17. Более значительное влияние их проявлялось, начиная с фазы бутонизации.

В среднем за 3 года (таблица 17), в фазу бутонизации наибольшую сырую массу имели растения в варианте с применением препарата Фолерус Премиум (992 г) при одной подкормке и с Акварином 3 – при двух (1146 г). В фазу цветения преимущество по сырой массе растения при одной и двух подкормках имело комплексное удобрение Акварин 3 (1600 и 1690 г). Во время сбора урожая максимальная сырая масса одного растения была зафиксирована при одноразовом опрыскивании с использованием препарата Фолерус Премиум (2573 г) и при двухразовом опрыскивании с Гуматом +7 (2673 г), при этом разница между комплексными удобрениями оказалась незначительной.

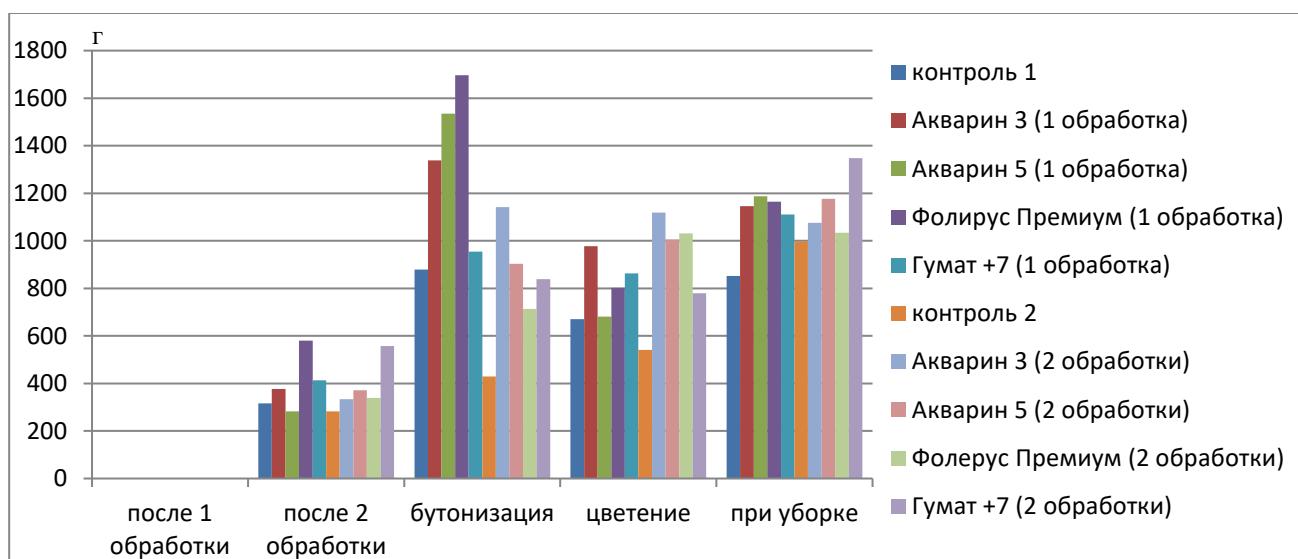


Рисунок 6 – Динамика накопления сырой фитомассы (надземная часть растений + клубни) одного растения топинамбура при применении некорневых подкормок, 2021 год, г

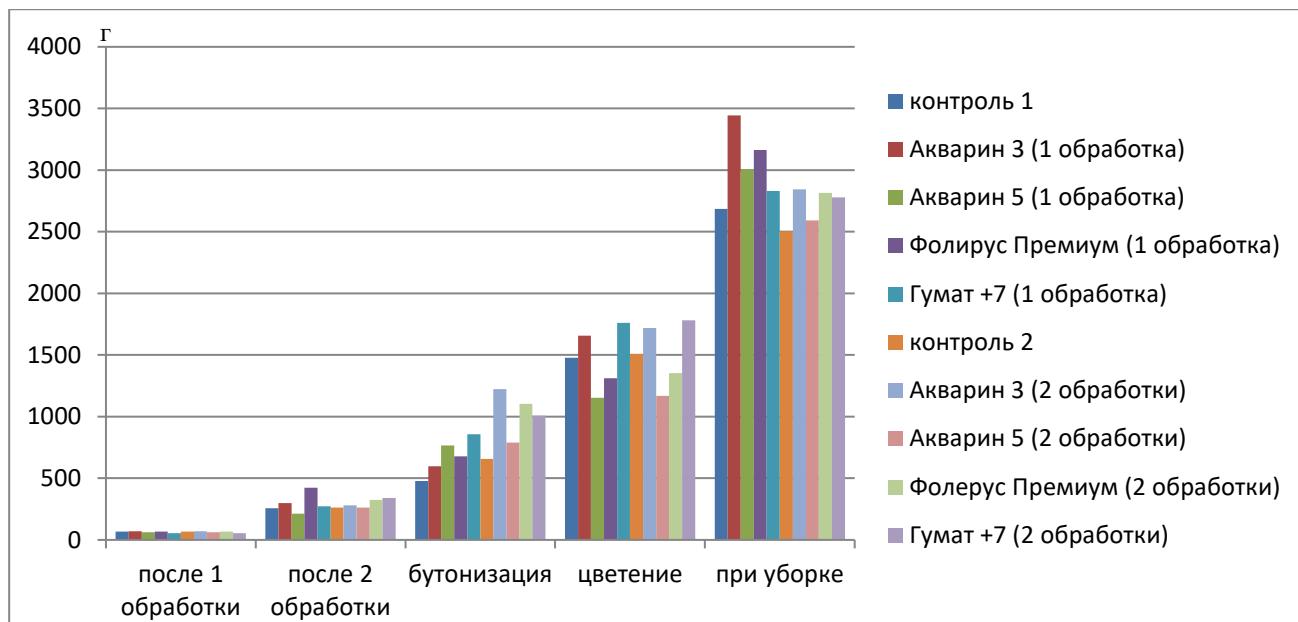


Рисунок 7 – Динамика накопления сырой фитомассы (надземная часть растений + клубни) одного растения топинамбура при применении некорневых подкормок, 2022 год, г

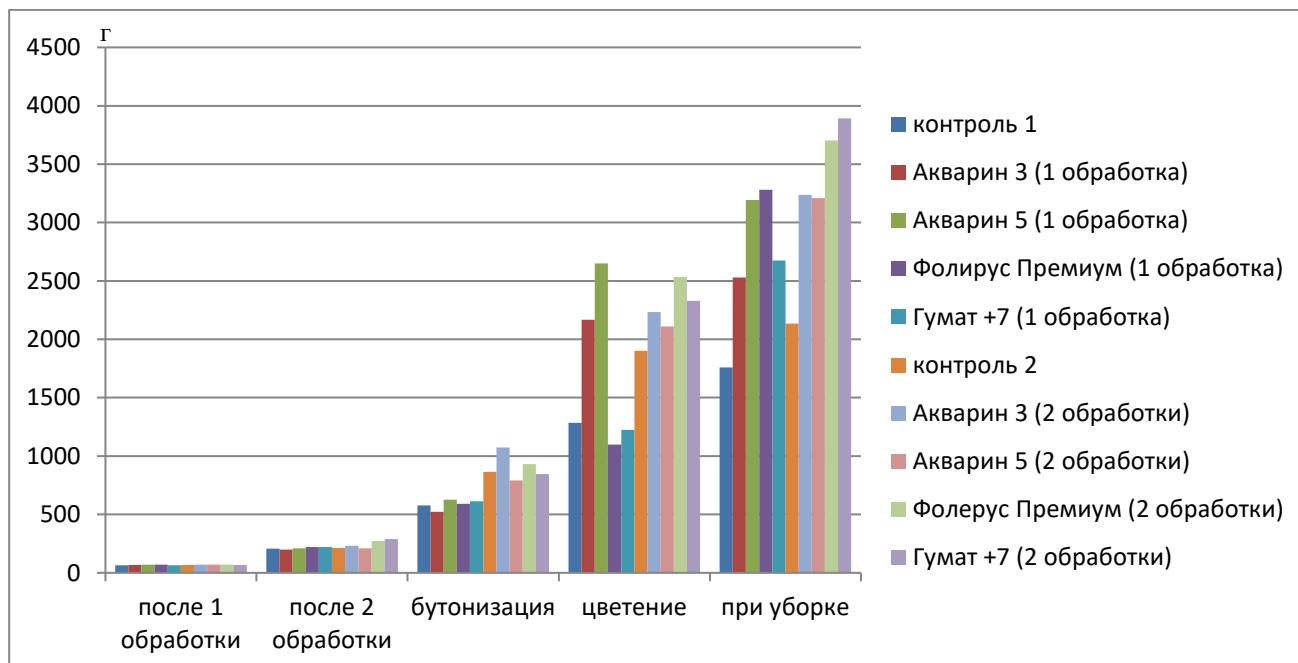


Рисунок 8 – Динамика накопления сырой фитомассы (надземная часть растений + клубни) одного растения топинамбура при применении некорневых подкормок, 2023 год, г

Количество подкормок не оказало существенного влияния на накопление сырой фитомассы одного растения топинамбура; разница по фактору В в пользу двух подкормок составила всего 81 г (3,4 %) при НСР05 – 107,95 г.

Таблица 17 – Динамика накопления сырой фитомассы (надземная часть растений + клубни) одного растения топинамбура при применении некорневых подкормок, среднее за 2021-2023 гг., г

Число подкормок (B)	Вид удобрения (A)	Срок определения				
		после 1 обработки	после 2 обработки	в период бутонизации	в период цветения	при уборке урожая
B <sub>1</sub>	Контроль	67	261	648	1144	1766
	Акварин 3	69	291	819	1600	2373
	Акварин 5	67	235	976	1495	2462
	Фолирус Премиум	69	408	992	1071	2537
	Гумат +7	60	302	808	1282	2205
В среднем по удобрениям		66	309	899	1362	2394
B <sub>2</sub>	Контроль	67	253	650	1317	1878
	Акварин 3	70	282	1146	1690	2385
	Акварин 5	67	281	828	1428	2326
	Фолирус Премиум	69	312	916	1640	2517
	Гумат +7	62	396	898	1630	2673
В среднем по удобрениям		67	318	947	1597	2475
+/- к 1 подкормке		1	9	48	235	81
НСР05 для частных различий		4,51	17,56	59,33	96,60	152,90
НСР05 для удобрения		0,02	7,25	24,50	39,90	63,15
НСР05 для кол-ва подкормок		3,18	12,40	41,81	68,20	107,95

Содержание сухого вещества в органах растения зависит от срока его определения и вида некорневой подкормки (таблица 18). В листьях высокое содержание сухого вещества было отмечено в контролльном варианте в обе фазы развития как при одной подкормке, так и при двух. Некорневые подкормки усиливали накопление сырой массы, но снижали содержание сухого вещества.

Комплексные удобрения оказали определенное влияние на накопление сухого вещества в стеблях. В частности, в фазу бутонизации положительное воздействие проявил препарат Фолерус Премиум, тогда как в фазу цветения заметное влияние оказали Акварин 3, Акварин 5 и Гумат +7.

Таблица 18 – Содержание сухого вещества в органах растения топинамбура в фазы бутонизации и цветения, среднее за 2021-2023 г, %

Вид удобрения (А)	Число подкормо- к (В)	Листья		Стебли		Клубни	
		Бутони- зация	Цвете- ние	Бутони- зация	Цвете- ние	Бутони- зация	Цвете- ние
Контроль	1	18,80	23,6	29,71	38,55	22,93	28,32
Акварин 3		15,79	23,47	29,09	40,14	25,50	30,66
Акванин 5		17,89	20,43	29,37	42,33	24,72	31,89
Фолирус премиум		16,30	26,05	31,70	38,42	26,81	34,55
Гумат +7		17,55	29,25	30,06	40,40	25,19	28,45
В среднем по удобрениям		16,88	24,80	30,06	40,32	25,56	31,39
Контроль	2	17,41	28,80	28,96	37,06	23,89	30,27
Акварин 3		18,69	25,0	30,60	40,88	24,68	28,27
Акванин 5		18,76	23,73	26,56	37,48	25,33	32,84
Фолирус премиум		17,47	24,45	30,34	39,42	27,16	30,32
Гумат +7		20,30	23,10	25,76	40,23	27,12	30,04
В среднем по удобрениям		18,81	24,07	28,32	39,50	26,07	30,37
<b>HCP05 для частных различий</b>	<b>1,21</b>	<b>1,68</b>	<b>1,98</b>	<b>2,70</b>	<b>1,71</b>	<b>2,06</b>	
<b>HCP05 для удобрения</b>	<b>0,50</b>	<b>0,69</b>	<b>0,82</b>	<b>1,12</b>	<b>0,71</b>	<b>0,85</b>	
<b>HCP05 для кол-ва подкормок</b>	<b>0,85</b>	<b>1,18</b>	<b>1,40</b>	<b>1,91</b>	<b>1,21</b>	<b>1,46</b>	

Положительное действие комплексных удобрений на увеличение процента сухого вещества сильнее проявилось на клубнях. При одном опрыскивании содержание сухого вещества в фазу бутонизации в большей мере возросло от Фолирус Примум (на 3,89 %) при двух – от Фолерус Примум (на 3,27%) и Гумата +7 (на 3,23%), а в фазу цветения – от Фолирус Примум (на 6,23%) и Акварина 5 (на 2,57%). Накопление сухой массы одного растения зависит не только от его сырой массы, но и от содержания сухого вещества в органах растения.

Анализ динамики хода накопления сухой массы одного растения (таблица 19) свидетельствует о положительном влиянии некорневых подкормок на этот показатель.

Во все годы исследований опрыскивание посадок топинамбура всеми изучаемыми комплексными удобрениями обеспечивало существенный прирост сухой массы одного растения. Это влияние начало проявляться уже с определением показателей после второй подкормки. В этот период наибольший

прирост сухой массы обеспечивали при одном опрыскивании препарат Фолерус Премиум (+21,7 г), при двух – Гумат +7 (+28,2 г).

Во время бутонизации действие некорневых подкормок усиливалось. Более значительное влияние на сухую массу одного растения в годы исследований оказали препараты Фолерус Премиум и Гумат +7 при одной подкормке и Акварин 3 и Фолерус Премиум при двух.

В среднем за 3 года, наибольший прирост сухой массы обеспечили при одной подкормке Фолирус Премиум (+112,7 г), при двух – Акварин 3 (+144,0 г).

Последнее определение проводили во время цветения. В это время также все комплексные удобрения увеличивали сухую массу одного растения. При одной подкормке в большей мере это проявилось при опрыскивании Акварином 3 и Акварином 5, при двух – Акварином 3 и Гуматом +7.

В среднем за 3 года, наибольшая сухая масса одного растения наблюдалась при опрыскивании препаратом Акварин 3 (618,9) при одной и Гумат +7 (699,4) двух подкормках.

В среднем по удобрениям, сухая масса одного растения возросла с фазы бутонизации до фазы цветения при одной подкормке с 236,2 г до 523,8 г, а при двух подкормках с 243,6 до 593,7 г. За это время масса одного растения увеличилась соответственно в 2,2 и в 2,4 раза.

По абсолютному значению ему уступает прирост, наблюдавшийся в интервале «после второй подкормки до бутонизации», который составил соответственно 185,5 и 185,9 г, в то время как относительный прирост был почти в два раза выше - 4,4 и 4,2 раза.

Таблица 19 – Накопление сухой фитомассы (надземная часть растений + клубни) одного растения топинамбура при применении некорневых подкормок, 2021-2023 г, г

Подкормки (В)	Вид удобрения (А)	После 1-й обработки				После 2-й обработки				Бутонизация				Цветение			
		2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем
В <sub>1</sub>	Контроль	-	7,0	6,9	6,9	53,3	39,3	37,4	43,3	222,9	127,1	143,8	164,6	246,8	398,5	513,1	386,1
	Акварин 3	-	6,3	7,3	6,8	64,2	35,4	36,9	45,5	320,0	156,4	119,1	198,5	407,3	512,7	936,7	618,9
	Акварин 5	-	5,5	8,0	6,8	54,7	39,8	42,5	45,7	416,8	202,2	151,9	256,9	311,3	289,7	1190	597,0
	Фолирус Премиум	-	6,1	7,6	6,9	94,4	53,3	47,4	65,0	496,9	188,4	147,1	277,5	325,2	366,0	502,6	397,9
	Гумат +7	-	5,2	6,5	5,9	60,9	42,6	48,3	50,6	252,3	225,2	157,7	211,7	375,5	535,0	533,5	481,3
В среднем по удобрениям		-	5,8	7,4	6,6	68,6	42,8	43,8	51,7	371,5	193,1	143,9	236,2	354,8	425,8	790,7	523,8
В <sub>2</sub>	Контроль	-	7,0	6,8	6,9	50,0	40,1	41,0	43,7	93,2	184,0	219,6	165,6	207,7	439,5	816,2	487,8
	Акварин 3	-	6,3	8,0	7,2	58,0	40,4	47,3	48,6	288,3	386,7	253,7	309,6	319,2	547,7	919,2	595,4
	Акварин 5	-	5,5	8,5	7	74,7	35,5	43,3	51,2	217,2	192,3	202,3	203,9	309,4	300,8	976,6	528,9
	Фолирус Премиум	-	6,1	7,7	6,9	68,8	43,9	64,1	58,9	174,7	304,4	238,9	239,3	264,9	385,5	1093,3	581,2
	Гумат +7	-	5,2	7,5	6,4	103,9	43,9	67,9	71,9	176,4	261,9	225,1	221,1	437,6	533,2	1037,3	669,4
В среднем по удобрениям		-	5,8	7,9	6,9	76,4	40,9	55,7	57,7	214,2	286,3	230,0	243,6	332,8	441,8	1006,6	593,7
НСР <sub>05</sub> для частных различий														36,11			
НСР <sub>05</sub> для удобрения														14,91			
НСР <sub>05</sub> для кол-ва подкормок														25,49			

Важным показателем продуктивности топинамбура является урожайность сухой фитомассы, выраженный в центнерах (тоннах) на гектар. Он является основой для определения средней за вегетацию чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) и коэффициента использования фотосинтетически активной радиации (КПД ФАР) [109].

Определение этого показателя свидетельствует о существенном влиянии на его накопление некорневых подкормок (таблица 20). Это влияние начинает проявляться после второй подкормки во все годы исследований. В это время наиболее сильное действие на накопление сухой фитомассы оказывали Фолерус Премиум, прибавки к контролю в среднем за три года составили 10,32 ц/га (50,0 %) при одном опрыскивании и Гумат +7 13,43 ц/га (65,6 %) при двух.

В fazu бутонизации преимущество имел вариант с применением препарата Фолерус Премиум при одной подкормке, Акварина 3 – при двух. При определении в fazu цветения более высокие результаты получены при одном опрыскивании Акварином 3 – 294,6 ц/га (прибавка 60,3%) и Акварином 5 – 284,2 ц/га (прибавка 54,6%) , а при двух опрыскиваниях в вариантах с Акварином 3 – 283,4 ц/га (прибавка 22%) и Гуматом +7 – 318,6 ц/га (прибавка 37,2%).

Двукратная некорневая подкормка обеспечила прибавку урожая к однократной – 33,3 ц/га или 13,4%. Следует отметить, что топинамбур сорта Скороспелка сформировал высокий урожай сухой фитомассы, который в среднем по фактору В<sub>1</sub>, составил 236,2 ц/га, по фактору В<sub>2</sub> – 272,5 ц/га. Накопление ее продолжалось до конца вегетации (1 декады октября), что позволило получить высокие урожаи сухой фитомассы.

Наибольший абсолютный прирост урожая сухой фитомассы отмечался в период с fazы бутонизации до fazы цветения. Он составил при одной подкормке 130,6 ц/га, при двух – 164,0 ц/га и возрос с fazы бутонизации до fazы цветения соответственно в 2,2 и в 2,5 раза. Более высоким он был в варианте с двукратной обработкой Гуматом +7 – 213,3 ц/га. За предыдущий период «вторая подкормка – бутонизация» урожай сухой фитомассы возрос, в среднем по удобрениям, при одной подкормке на 87,79, при двух – на 88,46 ц/га, или в 4,6 и 4,2 раза.

Таблица 20 – Накопление сухой фитомассы (надземная часть растений + клубни) агроценоза топинамбура при применении некорневых подкормок, 2021-2023 гг., ц/га

Подкормки (В)	Вид удобрения (А)	После 1-й обработки				После 2-й обработки				Бутонизация				Цветение			
		2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем	2021	2022	2023	в среднем
В <sub>1</sub>	Контроль	-	3,33	3,28	3,31	25,37	18,71	17,80	20,63	106,1	60,49	68,45	78,35	117,5	189,7	244,2	183,8
	Акварин 3	-	3,0	3,47	3,24	30,56	16,85	17,56	21,66	152,3	74,45	56,69	94,48	193,9	244,0	445,9	294,6
	Акварин 5	-	2,62	3,81	3,22	26,04	18,94	20,23	21,74	198,4	96,25	72,30	122,3	148,2	137,9	566,4	284,2
	Фолирус Премиум	-	2,90	3,62	3,26	44,93	25,37	22,56	30,95	236,5	89,68	70,02	132,1	154,8	174,2	239,2	189,4
	Гумат +7	-	2,48	3,09	2,79	28,99	20,28	22,99	24,09	120,1	107,2	75,07	100,8	178,7	254,7	253,9	229,1
<b>В среднем по удобрениям</b>		-	2,75	3,50	3,13	32,63	20,36	20,84	24,61	176,83	91,90	68,52	112,4	168,9	202,7	376,4	249,3
В <sub>2</sub>	Контроль	-	3,33	3,24	3,29	23,8	19,09	19,52	20,80	44,36	87,58	104,5	78,81	98,87	209,2	388,5	232,2
	Акварин 3	-	3,0	3,81	3,41	27,61	19,23	22,51	23,12	137,2	184,1	120,8	147,4	151,9	260,7	437,5	283,4
	Акварин 5	-	2,62	4,05	3,34	35,56	16,90	20,61	24,36	103,4	91,53	96,29	97,07	147,3	143,2	464,9	251,8
	Фолирус Премиум	-	2,90	3,67	3,29	32,75	20,90	30,51	28,05	83,16	144,9	113,7	113,9	126,1	183,5	520,4	276,7
	Гумат +7	-	2,48	3,57	3,03	49,46	20,90	32,32	34,23	83,97	124,7	107,1	105,3	208,3	253,8	493,8	318,6
<b>В среднем по удобрениям</b>		-	2,75	3,78	3,27	36,35	19,48	26,49	27,44	101,93	136,31	109,47	115,9	158,4	210,3	479,2	282,6
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>														<b>17,37</b>			
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>														<b>7,17</b>			
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>														<b>12,26</b>			

### 3.3.4 Чистая продуктивность фотосинтеза и коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза

Установление чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) проводилось с использованием формулы, предложенной Киддом, Вестом и Бриггсом [109]. Рассчитать среднюю ЧПФ за вегетационный период можно путем соотношения урожая сухой фитомассы, представленного в граммах, к фотосинтетическому потенциалу (ФПП).

ЧПФ является многофакторным показателем, который формируется под воздействием как биологических, так и агротехнологических факторов, а также агрометеорологических условий. Эта комплексность подчеркивает важность учета множества переменных, влияющих на продуктивность фотосинтетического процесса, таких как видовые особенности растений, методы агрономического управления, а также климатические параметры, влияющие на рост и развитие растений [17, 63, 66, 67, 124, 150]. Осмысленное понимание и анализ всех этих компонентов позволяет более эффективно управлять сельскохозяйственными системами и оптимизировать результаты урожайности, что в свою очередь может способствовать обеспечению продуктивности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

Наши исследования показали, что топинамбур характеризуется высокой ЧПФ (таблица 21). В среднем за вегетацию она колебалась по годам от 10,52 до 14,11 г/м<sup>2</sup> в сутки.

Изучаемые комплексные удобрения оказали на нее разное влияние. Положительное их действие сильнее проявилось в 2021 и 2023 годах. Так, в 2021 г. увеличение ЧПФ наблюдалось при одной некорневой подкормке Акварином 3, Акварином 5 и Гуматом +7, при двух – от всех комплексных удобрений. В 2022 г. повышение ЧПФ в сравнении с контролем отмечалось в варианте с одной некорневой подкормкой Гуматом +7.

В 2023 г. увеличение ЧПФ в сравнении с контролем произошло в вариантах с одной подкормкой Акварином 3, Акварином 5 и Гуматом +7, с двумя подкормками всеми изучаемыми комплексными удобрениями.

Таблица 21 – Средняя за вегетацию чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м<sup>2</sup> в сутки, 2021-2023 гг.

Кол-во подкормок (B)	Вид удобрения (A)	2021	2022	2023	В среднем
B <sub>1</sub>	Контроль	11,517	12,515	10,699	11,577
	Акварин 3	12,064	11,158	13,0478	12,090
	Акварин 5	11,835	8,092	14,547	11,491
	Фолирус Премиум	8,845	7,498	10,375	8,906
	Гумат +7	15,316	13,334	11,946	13,532
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>12,015</b>	<b>10,021</b>	<b>12,479</b>	<b>11,505</b>
B <sub>2</sub>	Контроль	10,119	15,547	13,234	12,967
	Акварин 3	12,964	9,885	12,834	11,894
	Акварин 5	12,513	8,548	13,892	11,651
	Фолирус Премиум	12,013	7,087	14,491	11,197
	Гумат +7	15,226	12,067	16,1	14,464
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>13,179</b>	<b>9,397</b>	<b>14,329</b>	<b>12,302</b>
<b>НСР<sub>05</sub> для частных различий</b>					<b>0,809</b>
<b>НСР<sub>05</sub> для удобрения</b>					<b>0,334</b>
<b>НСР<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>					<b>0,571</b>

В среднем за три года, положительное действие на показатель ЧПФ оказывали при одной подкормке Акварин 3 и Гумат +7, при двух – Гумат +7.

Таким образом, топинамбур сорта Скороспелка характеризуется высокими показателями ЧПФ. В среднем за вегетацию она может достигать 11,52-12,44 г/м<sup>2</sup> в сутки. Некорневые подкормки комплексным удобрением Гумат +7 (одна и две подкормки) повышали ЧПФ соответственно до 13,53 и 14,46 г/м<sup>2</sup> в сутки.

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ( $K_{хоз}$ ) показывает долю участия наиболее ценных хозяйственных органов в накоплении урожая сухой фитомассы. У топинамбура  $K_{хоз}$  зависит от сорта и зоны возделывания. У сортов клубневого направления, каким является Скороспелка, он чаще всего превышает 0,5. С продвижением на юг нашей страны он увеличивается и становится больше 0,5 [64, 65, 66, 67, 110, 136].

Наши исследования показали, что к фазе отцветания (14-16 октября)  $K_{хоз}$  не отличался стабильностью по годам и вариантам опыта (таблица 22).

Коэффициент хозяйственной эффективности ( $K_{хоз}$ ) варьировался в среднем от 0,27-0,28 в 2022 году до 0,5-0,51 в 2023 году. Наивысшие значения

Кхоз были зафиксированы именно в 2023 году, который выделялся исключительно теплым и сухим сентябрем. В этом месяце температура воздуха превысила норму на 3,9°C, в то время как количество осадков составило всего 22 мм, что соответствует лишь 29% от климатической нормы.

В противоположность этому, в 2022 году наблюдался минимальный коэффициент хозяйственной значимости (Кхоз). Это совпало с тем, что температура воздуха в сентябре оказалась на 1,6°C ниже среднего многолетнего значения, а количество осадков достигло 88 мм, что на 37,5% превышало норму. Данные результаты подчеркивают значительное влияние погодных условий на хозяйствственные показатели, а также важность учета климатических факторов при организации агрономической деятельности. Понимание этих колебаний позволяет более эффективно планировать и реализовывать стратегии повышения продуктивности в сельском хозяйстве.

Таблица 22 – Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (Кхоз), 2021-2023 гг.

Кол-во подкормок (B)	Вид удобрения (A)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее
B <sub>1</sub>	Контроль	0,35	0,32	0,49	<b>0,39</b>
	Акварин 3	0,33	0,24	0,56	<b>0,38</b>
	Акварин 5	0,31	0,29	0,48	<b>0,36</b>
	Фолирус Премиум	0,28	0,33	0,52	<b>0,38</b>
	Гумат +7	0,29	0,20	0,47	<b>0,32</b>
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>0,30</b>	<b>0,27</b>	<b>0,51</b>	<b>0,36</b>
B <sub>2</sub>	Контроль	0,41	0,32	0,56	<b>0,43</b>
	Акварин 3	0,42	0,25	0,44	<b>0,37</b>
	Акварин 5	0,38	0,26	0,56	<b>0,40</b>
	Фолирус Премиум	0,46	0,33	0,46	<b>0,42</b>
	Гумат +7	0,30	0,20	0,53	<b>0,34</b>
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>0,39</b>	<b>0,26</b>	<b>0,50</b>	<b>0,38</b>
<b>HCP<sub>05</sub> для частных различий</b>					<b>0,026</b>
<b>HCP<sub>05</sub> для удобрения</b>					<b>0,011</b>
<b>HCP<sub>05</sub> для кол-ва подкормок</b>					<b>0,018</b>

Более сильное влияние некорневых подкормок на Кхоз проявилось в 2023 году. В этих условиях самые высокие показатели Кхоз были в вариантах с

применением Акварина 3 – 0,56, Фолирус Премиум – 0,52 при одном опрыскивании и в вариантах с Акварином 5 и контроле – 0,56 при двух опрыскиваниях.

В среднем за 3 года превышение контроля не наблюдалось. Самым высоким  $K_{хоз}$  – 0,42 был в варианте с Фолирус Премиум при двух подкормках.

Таким образом, высокое положительное действие некорневых подкормок на  $K_{хоз}$  проявляется в годы с теплой осенью при однократном опрыскивании препаратами Акварин 3 и Фолерус Премиум, когда отмечается усиленный рост клубней и накопление сухого вещества в сентябре.

### **3.4 Урожайность и структура урожая топинамбура**

#### **3.4.1 Урожайность топинамбура**

Завершающая продуктивность агроценоза топинамбура проводилась по урожаю надземной части растений (зеленой массы), клубней и общему количеству биомассы (надземная часть + клубни). Она является результатом фотосинтетической деятельности растений в агроценозе, хода производственного процесса.

Улучшение фотосинтетической деятельности растений, хода производственного процесса, усиление первоначального роста топинамбура в высоту при применении некорневых подкормок способствовали повышению продуктивности топинамбура во все годы исследований и в среднем за три года (таблицы 23-24, приложение Г). В среднем за 3 года, сформированная урожайность в контрольных вариантах, была близка к расчетной, которую можно было получить при внесении доз удобрений  $N_{64}P_{64}K_{64}$  (см. гл. 2, приложение А).

Некорневые подкормки, проведенные с использованием исследуемых комплексных удобрений, способствовали росту урожайности топинамбура в течение всех лет наблюдений (таблица 23), включая увеличение надземной массы, клубней и, соответственно, общего сбора сырой фитомассы с гектара.

Урожай надземной части растений в годы исследований в большей мере возрастил от некорневой подкормки Акварином 5 при одном опрыскивании и от Гумата +7 – при двух.

Наибольшие показатели урожайности клубней отмечены в вариантах с Акварином 3 и Фолерус Премиум при одном опрыскивании и с Акварином 5 и Гуматом +7 – при двух. Общий сбор сырой фитомассы наибольшей величины достигал в разные годы от некорневой подкормки Акварином 5, Акварином 3, Фоликус Премиум при одной обработке и от Гумата +7 и Фолерус Премиум – при двух. В среднем за три года (таблица 24), более высокий урожай всех трех показателей продуктивности обеспечили некорневые подкормки Акварином 5 и Фолерус Премиум. Прибавки урожая при одной обработке составили: надземной массы – 14,9 и 12,6 т/га (41,4 и 35,0 %), клубней – 19,6 и 22,2 т/га (41,6 и 47,1 %), всего фитомассы – 34,5 и 34,8 т/га (41,5 и 41,9 %).

При двух обработках самые высокие прибавки урожая получены от подкормки Гуматом + 7: надземной массы – 14,9 т/га (40,8%), клубней – 27,9 т/га (56,8%), сырой фитомассы – 42,8 т/га (50,0%). Близок к нему по продуктивности был вариант с применением препарата Фолерус Премиум, прибавки урожая составили – 35,6; 46,0 и 41,6 %.

В среднем за три года, прибавки урожая от двукратной обработки не достоверны. Они составили: по надземной массе, клубням, фитомассе соответственно 0,3; 4,2 и 2,7 т/га при НСР<sub>05</sub> – 2,94; 2,99 и 5,23 т/га. Высокая урожайность топинамбура в опыте объясняется не только внесением фона минерального питания (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>) и проведением некорневых подкормок.

Она обусловлена также высоким генетическим потенциалом сорта Скороспелка, строгим соблюдением технологии возделывания, в частности, размещение по лучшему предшественнику (вико-овсяный занятый пар), посадка – осенью (1 и 2 декада октября) свежеубранными клубнями средней фракции, формирования оптимальной густоты стояния (47,6 тыс./га), соблюдение оптимальных сроков ухода за посадками и уборки урожая (1-ая декада октября),

Таблица 23 – Урожайность топинамбура в зависимости от некорневых подкормок различными комплексными удобрениями, т/га 2021-2023 гг.

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

Таблица 24 – Урожайность топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, т/га, среднее за 2021-2023 гг.

Вид удобрения (А)	Кол-во подкормок (В)	Надземная часть растений			Клубни			Сумма			
		т/га	+/- к контролю		т/га	+/- к контролю		т/га	+/- к контролю		
			т/га	%		т/га	%		т/га	%	
Контроль	1	36,0	0,0	0,0	47,1	0,0	0,0	83,1	0,0	0,0	
Акварин 3		48,1	12,1	33,6	65,5	18,4	39,1	113,7	30,6	36,8	
Акварин 5		50,9	14,9	41,4	66,7	19,6	41,6	117,6	34,5	41,5	
Фолерус Премиум		48,6	12,6	35,0	69,3	22,2	47,1	117,9	34,8	41,9	
Гумат +7		44,8	8,8	24,4	61,0	13,9	29,5	105,8	22,7	27,3	
В среднем по удобрениям		48,1	12,1	33,6	65,6	18,5	39,3	113,8	30,7	36,9	
Контроль	2	36,5	0,0	0,0	49,1	0,0	0,0	85,6	0,0	0,0	
Акварин 3		46,0	9,5	26,0	68,3	19,2	39,1	114,3	28,7	33,5	
Акварин 5		46,7	10,2	27,9	62,4	12,3	25,0	102,1	23,5	27,4	
Фолерус Премиум		49,5	13,0	35,6	71,7	22,6	46,0	121,2	35,6	41,6	
Гумат +7		51,4	14,9	40,8	77,0	27,9	56,8	128,4	42,8	50,0	
В среднем по удобрениям		48,4	11,9	32,6	69,85	20,5	41,7	116,5	32,7	38,1	
HCP <sub>05</sub> для частных различий		4,165			4,23			7,41			
HCP <sub>05</sub> для удобрения		1,726			1,77			3,06			
HCP <sub>05</sub> для кол-ва подкормок		2,942			2,99			5,23			

когда закончен рост клубней и отток пластических веществ в клубни. Величина урожайности зависела также от агрометеорологических условий. Самая низкая урожайность клубней получена в 2021 году (325 т/га), когда в критический период роста и развития (репродуктивный период) отмечался дефицит влаги, а также наблюдалось понижение температуры воздуха в 1 и 2 декадах сентября когда обычно происходит интенсивный рост клубней.

Благоприятные условия для роста и развития растений способствовали формированию высоких параметров агроценоза, усилинию фотосинтетической активности, хода продукционного процесса и повышению продуктивности растений топинамбура, что доказано предыдущими исследованиями, показанными в данной главе и источниками литературы [108].

### **3.4.2 Структура урожая клубней**

Структура урожая клубней зависела от агрометеорологических условий года и некорневых подкормок (таблица 25).

Наибольшее количество клубней на одном растении образовалось в 2023 году, когда стояла исключительно теплая и сухая осень (см. табл. 2), а в начале клубнеобразования – умеренно теплая влажная погода.

В 2023 году образовалось в среднем 30,4 клубня на одном растении, в 2022 – 20,2 шт., в 2021 – 13,9 шт. В условиях благоприятных для образования и роста клубней сильнее проявили положительное действие некорневые подкормки.

Наибольшее влияние на этот показатель при одной подкормке отмечалось в варианте с Фолерус Премиум. Прибавка числа клубней к контролю составила 18 шт. (81,2%). При двух подкормках наибольшим действием отличался Гумат +7, в этом варианте прибавка числа клубней составила 21 шт. (95,4%).

В среднем за три года наибольшее число клубней образовалось в этих же вариантах: при одной подкормке – с Фоликус Премиум и Акварином 3 – 26 шт. (прибавка 9 шт. или 52,9 %), при двух – с Гуматом +7 – 25 шт. (прибавка 8 шт. или 47%).

Таблица 25 – Структура урожая клубней топинамбура, 2021-2023 гг.

Кол-во подкор мок (В)	Вид удобрения (А)	Клубни, с 1 растения, шт				Клубни, с 1 растения, г				Средняя масса 1 клубня, г			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее
В <sub>1</sub>	Контроль	13	17	22	17	513	1525	930	989	39	90	42	57
	Акварин 3	15	26	38	26	752	1840	1537	1376	50	71	40	54
	Акварин 5	14	20	27	20	733	1683	1797	1404	52	84	67	67
	Фолирус Премиум	13	24	40	26	582	1816	1962	1453	45	76	49	57
	Гумат +7	13	23	25	20	666	1634	1547	1282	51	71	62	61
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>13,8</b>	<b>23,3</b>	<b>32,5</b>	<b>23,0</b>	<b>683,3</b>	<b>1743,3</b>	<b>1710,8</b>	<b>1378,8</b>	<b>49,5</b>	<b>75,5</b>	<b>54,5</b>	<b>59,8</b>
В <sub>2</sub>	Контроль	12	17	22	17	525	1367	1217	1036	44	80	55	60
	Акварин 3	14	21	25	20	731	1627	1947	1435	52	77	78	69
	Акварин 5	14	18	30	21	656	1371	1902	1310	47	76	63	62
	Фолирус Премиум	16	19	32	22	766	1333	2417	1505	48	70	76	65
	Гумат +7	15	17	43	25	894	1426	2530	1617	60	84	59	68
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>14,8</b>	<b>18,8</b>	<b>32,5</b>	<b>22,0</b>	<b>761,75</b>	<b>1439,25</b>	<b>2199</b>	<b>1466,75</b>	<b>51,75</b>	<b>76,75</b>	<b>69</b>	<b>66</b>
<b>+/- к 1 подкормке</b>		<b>1</b>	<b>-4,5</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>78,5</b>	<b>-304,1</b>	<b>488,2</b>	<b>87,9</b>	<b>2,3</b>	<b>1,3</b>	<b>14,5</b>	<b>6,2</b>

Наиболее крупные клубни образовались в 2022 г., который отличался высокой температурой во время их роста в августе (20,2°C, на 4,3°C выше нормы) средняя масса одного клубня составила 78,4 и 77,4 г, что было больше, чем в контроле на 26,4-31 г и на 11,2-27,2 г.

Более сильное влияние некорневых подкормок на крупность клубней проявилось в 2023 году, когда образовалось наибольшее число клубней на растении. Более высокую массу 67 и 62 г имели клубни в вариантах с Акварином 5 и Гуматом +7 при одной подкормке и с Акварином 3 и Фолиус Премиум – при двух 78 и 76 г.

В среднем за три года, самые крупные клубни образовались в вариантах с Акварином 5 (67 г, прибавка 10 г) при одной подкормке и с Акварином 3 (69 г, прибавка 9 г) при двух.

Масса клубней в расчете на одно растение была непосредственно связана с комбинацией количества клубней и их размером. Анализ данных за все годы проведенных исследований показал, что некорневые подкормки, применяемые с использованием различных изучаемых комплексных удобрений, оказывали положительное влияние на увеличение массы клубней, наблюдавшейся на одно растение.

Эти результаты подчеркивают важность подхода к питанию растений, поскольку применение некорневых подкормок в значительной степени способствовало повышению урожайности клубней. Таким образом, существует значительная взаимосвязь между агрономическими техниками, направленными на улучшение питания растений, и конечным результатом в виде увеличенной массы клубней. Это подчеркивает необходимость дальнейшего изучения и оптимизации методов подкормки, что может привести к более эффективным и продуктивным сельскохозяйственным практикам.

В среднем за три года наибольшая масса клубней на одно растение была достигнута в варианте с Фолиус Премиум (1453 г) при одном опрыскивании и с Гуматом +7 (1617 г) при двух, увеличив показатели по сравнению с

контролем на 463 и 581 г соответственно, что составило 46,8% и 56,1%. В тех же вариантах был получен наибольший урожай клубней (см. табл. 25).

Таким образом, в формировании урожая клубней топинамбура большое значение имеет тепловой режим, условия увлажнения и некорневые подкормки комплексными удобрениями.

Величина урожая зависила от его структуры – количества клубней на одном растении, крупности клубней и массы клубней с одного растения.

Наибольшее число клубней на одном растении сформировалось в годы с теплой и сухой осенью (2023 года) в вариантах с одной некорневой подкормкой Фолирус Премиум (40 шт.) и с двумя – Гуматом +7 (43 шт.) Количество клубней оказывает большое влияние на массу клубней с 1 растения и урожайность. В вариантах с наибольшим числом клубней, как правило, формировалась наибольшая их урожайность.

В среднем по вариантам, двукратная подкормка не обеспечила существенное улучшение показателей структуры урожая клубней.

### **3.5 Качество урожая клубней топинамбура**

Оптимизация минерального питания топинамбура за счет некорневых подкормок способствовала улучшению качества урожая.

Однако это улучшение проявилось не во все годы и не от всех комплексных удобрений (таблица 26).

Массовая доля растворимых углеводов (сахаров) возрастила от некорневых подкормок в 2021 и 2023 гг. В 2021 г. увеличение содержания сахаров наблюдалось от применения Акварина 3 и Фолерус Премиум (на 1,1%), Акварина 5 (на 1,7%), Гумата +7 (на 1,6 %) при одной подкормке, при двух такого увеличения не было.

В 2023 г. повышение массовой доли растворимых углеводов произошло в меньших величинах на 0,1-0,4 %. При однократном опрыскивании в 2022 году отмечалось уменьшение содержания растворимых углеводов на 2,2-4,2 %.

Снижение эффективности некорневых подкормок в 2022 году, вероятно, связано с образованием более крупных клубней по сравнению с другими годами.

Таблица 26 – Качество урожая клубней топинамбура в зависимости от некорневых подкормок, 2021-23 гг.

Кол-во подкормок (B)	Вид удобрения (A)	Массовая доля растворимых углеводов в сухом в-ве, %				Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %			
		2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
B <sub>1</sub>	Контроль	71,4	69,8	69,8	70,3	5,81	6,63	6,2	6,2
	Акварин 3	72,5	65,6	69,9	69,3	5,38	8,53	7,0	6,9
	Акварин 5	73,1	67,4	70,2	70,3	4,75	7,47	6,1	6,1
	Фолирус Премиум	72,5	67,6	70,1	70,0	5,34	8,83	7,1	7,0
	Гумат +7	73,0	67,2	70,3	70,2	4,61	7,73	6,4	6,2
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>72,8</b>	<b>66,9</b>	<b>70,1</b>	<b>69,9</b>	<b>5,0</b>	<b>8,1</b>	<b>6,7</b>	<b>6,6</b>
B <sub>2</sub>	Контроль	72,6	67,2	69,9	69,9	4,53	8,53	6,3	6,5
	Акварин 3	69,1	68,5	69,8	69,1	5,03	6,94	6,6	6,2
	Акварин 5	69,6	65,2	69,6	68,1	5,28	10,02	6,7	7,3
	Фолирус Премиум	69,1	65,1	69,5	67,9	5,16	7,93	6,5	6,5
	Гумат +7	69,3	65,1	69,6	68,0	4,76	7,99	6,4	6,3
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>69,3</b>	<b>66,0</b>	<b>69,6</b>	<b>68,3</b>	<b>5,1</b>	<b>8,2</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>
<b>+/- к 1 подкормке</b>		<b>-3,5</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,5</b>	<b>-1,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,1</b>	<b>0</b>

Из-за различной реакции топинамбура на некорневые подкормки, за три года в среднем не было отмечено положительного воздействия изучаемых комплексных удобрений на содержание сахаров.

Наибольшее содержание сахаров в клубнях в среднем по вариантам подкормки было зарегистрировано в 2021 году (72,8% к абсолютной сухой массе), когда был получен менее высокий урожай клубней.

Содержание сырого протеина наиболее существенно повышалось в 2022 году, когда сформировались более крупные клубни. Увеличение этого показателя произошло от применения Акварина 3 на 1,9 %, Акварина 5 на 0,84 %, Фолерус Премиум на 2,2 %, Гумата +7 на 1,1% при одном опрыскивании

растений. При двух опрыскиваниях увеличение содержания сырого протеина в клубнях наблюдалось только от применения Акварина 5 – на 1,49 %.

В 2023 г. положительное действие некорневых подкормок наблюдалось при одном опрыскивании от Акварина 3 – на 0,8%, Фолирус Премиум – на 0,9%, Гумата +7 – на 0,2%, при двух – от всех препаратов на 0,2-0,4%.

В среднем за три года, в связи с неодинаковой реакцией растений в разные годы, увеличение сырого протеина при однократном опрыскивании наблюдалось в вариантах с Акварином 3 (на 0,7%) и Фолерус Премиум (на 0,8%), при двукратном – от Акварина 5 (на 0,8%).

В среднем по удобрениям, двукратное опрыскивание не способствовало увеличению содержания сырого протеина в клубнях.

Таблица 27 – Выход питательных веществ с урожаем клубней топинамбура, ц/га, 2021-23 гг.

Кол-во подкормок (В)	Вид удобрения (А)	сухое в-во, %	Растворимые углеводы				Сырой протеин			
			2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
В1	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
	Гумат +7	21,20	49,0	110,7	109,8	72,7	3,1	12,7	10,0	8,6
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>22,4</b>	<b>53,1</b>	<b>124,5</b>	<b>128,5</b>	<b>82,2</b>	<b>3,7</b>	<b>15,2</b>	<b>12,2</b>	<b>10,4</b>
В2	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
<b>В среднем по удобрениям</b>		<b>21,7</b>	<b>54,8</b>	<b>98,9</b>	<b>158,8</b>	<b>83,6</b>	<b>4,0</b>	<b>12,1</b>	<b>14,9</b>	<b>10,3</b>
<b>+/- к 1 подкормке</b>		<b>-0,7</b>	<b>1,7</b>	<b>-25,6</b>	<b>30,3</b>	<b>1,4</b>	<b>0,3</b>	<b>-3,1</b>	<b>2,7</b>	<b>-0,1</b>

Таким образом, можно однозначно заключить, что некорневые подкормки изучаемыми препаратами способствуют увеличению накопления растворимых углеводов и сырого протеина в клубнях.

Однако это влияние не одинаково в разные годы, что объясняется формированием разного по количеству клубней на одном растении и крупности клубней в связи с разными агроклиматическими условиями года исследований. Причины, связанные с биологическими аспектами, требуют дополнительного изучения в дальнейшем.

Комплексные удобрения, внесенные в некорневую подкормку, увеличивали выход питательных веществ с урожаем клубней топинамбура, но действие разных видов удобрений неодинаковое (таблица 27).

Более высокий выход сахаров с урожаем клубней, в среднем за 3 года, при одной подкормке обеспечило применение Акварина 5 (87,7 ц/га) и Фолирус 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 клубней топинамбура наблюдался при одной подкормке в варианте с Фолирус Примум (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 достоверное повышение выхода питательных веществ с урожаем клубней топинамбура.

### **3.6 Корреляционные связи урожайности топинамбура с показателями фотосинтетической деятельности и элементами структуры урожая**

Для достижения одной из поставленных задач нашего исследования — определения корреляционных зависимостей между показателями продуктивности топинамбура, фотосинтетической активностью растений и элементами структуры урожая — был проведен тщательный корреляционный и регрессионный анализ на основе 30 выборок, собранных за три года.

Это исследование позволило выявить взаимосвязи между различными показательными параметрами, что является ключевым для понимания факторов, влияющих на продуктивность топинамбура. Использование методов корреляционного и регрессионного анализа дало возможность не только оценить степень взаимосвязи, но и спрогнозировать изменения в продуктивности в зависимости от изменения фотосинтетической деятельности и структуры урожая. Этим подходом мы стремились глубже изучить динамику этих параметров, что может внести значительный вклад в агрономическую практику и управленческие решения, направленные на оптимизацию выращивания топинамбура.

В итоге, как показано в таблице 28, все компоненты продуктивности топинамбура (включая надземную массу, клубни и общий сбор фитомассы с гектара) проявляют различные зависимости от разнообразных элементов структуры урожая и показателей фотосинтетической активности растений в агроценозе.

Наиболее заметной является прямая положительная корреляция между высотой растений и показателями продуктивности топинамбура. Коэффициенты корреляции ( $r$ ), которые используются для оценки силы и близости этой связи, варьировались в диапазоне от 0,892 до 0,924, что свидетельствует о высокой степени корреляции. Кроме того, результаты анализа по критериям Стьюдента, которые служат для оценки достоверности этих коэффициентов корреляции, оказались значительно выше табличных значений (в пределах от 10,455 до 12,825, при табличном уровне  $t_{05} = 2,1$ ). Это подтверждает надежность полученных данных и их значимость для дальнейших исследований в области агрономии и ботаники.

Таблица 28 – Корреляционные связи показателей продуктивности топинамбура и фотосинтетической деятельности, элементов структуры урожая. Уровнения регрессии, 2021-2023 гг.

Показатели		Коэффициент корреляции, r	Критерий Стьюдента, t при $t_{0,5}=2,1$	Критерий Фишера, F при $F_{0,5}=8,6$	Уравнение регрессии (№)
Продуктивности	Фотосинтетической деятельности, структуры урожая				
$Y_1$ - урожайность надземной массы, т/га	$X_1$ – максимальная площадь листьев посева	0,467	2,795	7,813	Ненадежное
	$X_2$ –листовой фотосинтетический потенциал посева	0,678	4,883	23,841	$Y_1 = 0,016X + 11,944$ (1)
	$X_3$ – коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза	0,197	1,060	23,841	Ненадежное
	$X_4$ – высота растений	0,924	12,825	164,492	$Y_1 = 1,129X - 177,939$ (2)
$Y_2$ - урожайность клубней, т/га	$X_1$ - максимальная площадь листьев посева	0,511	3,143	9,881	$Y_2 = 0,511X + 0,261$ (3)
	$X_2$ - листовой фотосинтетический потенциал посева	0,714	5,398	29,138	$Y_2 = 0,02X + 19,073$ (4)
	$X_3$ - коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза	0,304	1,687	2,845	Ненадежное
	$X_4$ - высота растений	0,892	10,455	109,312	$Y_2 = 1,139X - 199,085$ (5)
$Y_3$ - урожайность сырой фитомассы ( $Y_1+Y_2$ ), т/га	$X_1$ - максимальная площадь листьев посева	0,514	3,166	10,026	$Y_3 = 1,393X + 41,139$ (6)
	$X_2$ - листовой фотосинтетический потенциал посева	0,741	5,838	34,082	$Y_3 = 0,040X + 24,099$ (7)
	$X_3$ - коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза	0,260	1,425	2,033	Ненадежное
	$X_4$ - высота растений	0,921	12,493	156,068	$Y_3 = 2,577X - 401,864$ (8)

Примечание: единицы измерения: площадь листьев – тыс.м<sup>2</sup>/га, листовой фотосинтетический потенциал – тыс.м<sup>2</sup>×сутки/га, коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза – ед., высота растений – см.

Обнаружена также сильная связь показателей продуктивности с листовым фотосинтетическим потенциалом (ФПП). Получены достоверные коэффициенты корреляции: с урожайностью надземной массы – 0,671, клубней – 0,714, сырой фитомассы – 0,741. При этом все коэффициенты Стьюдента ( $t$ ) были больше их табличных значений ( $t_{05}$ ).

В средней связи с урожайностью топинамбура находится максимальная площадь листьев агроценоза. Достоверность коэффициентов корреляции ( $t$ ) выше табличных значений, колеблется от 2,795 до 3,166 (при  $t_{05}=2,1$ ).

По всем вариантам с достоверными критериями Стьюдента ( $t$ ) получены надежные уравнения регрессии, надежность которых подтверждается критериями Фишера. Среди них более точными являются уравнения №2,6,8. Их можно использовать при программировании урожайности топинамбура, в частности для прогноза ее, так как максимальной высоты растения топинамбура достигает в фазу цветения. Измерение высоты в эту фазу (середина августа) позволит спрогнозировать урожайность надземной массы и клубней при уборке топинамбура в первой декаде октября.

Корреляционный и регрессивный анализ показали, что отсутствует достоверная связь показателей продуктивности топинамбура с коэффициентом хозяйственной эффективности фотосинтеза.

Таким образом, установлена наиболее сильная прямая положительная корреляция урожайности топинамбура с высотой растений и с листовым фотосинтетическим потенциалом агроценоза (ФПП).

### **3.7 Влияние некорневых подкормок на экономическую эффективность производства топинамбура**

Внедрение новых приемов технологии возделывания невозможно без проведения их экономической оценки. Это также относится к культуре топинамбура. Более ранние исследования, проведенные с топинамбуром в Центральном Нечерноземье РФ, показали высокую экономическую

эффективность производства его продукции [4, 47, 62, 64, 89]. Однако в этих работах не было сведений об использовании комплексных удобрений, внесенных в некорневые подкормки.

В рамках нашего исследования для проведения экономической оценки были использованы несколько ключевых показателей, включая производственные затраты, условно чистый доход (УЧД), уровень рентабельности производства, а также себестоимость продукции. Эти показатели являются важными инструментами для анализа эффективности производственных процессов и широко применяются в агрономической практике [146].

Производственные затраты учитывают все необходимые ресурсы, затраченные на выращивание и обработку сельскохозяйственных культур, включая затраты на семена, удобрения и трудозатраты. Условно чистый доход (УЧД) позволяет оценить финансовые результаты деятельности, вычитая из общей выручки производственные расходы. Уровень рентабельности производства представляет собой важный индикатор, указывающий на соотношение прибыли к затратам, а себестоимость продукции анализирует затраты на единицу продукции, что позволяет определить эффективность и конкуренцию на рынке.

Для определения этих показателей были разработаны технологические карты по каждому варианту опыта. Стоимость всех материально-технических продуктов определяли по существующим на аграрном рынке современным ценам, в частности в 2022 г. стоимость клубней для посадки и для реализации 20000 руб. за тонну. Урожай надземной (зеленой) массы переводили в кормовые единицы, которые оценивали по стоимости фуражного зерна овса.

Таблица 29 – Экономическая эффективность производства топинамбура при применении некорневых подкормок

Кол-во подкормок (В)	Вид удобрения (А)	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб	Условно-чистый доход, тыс. руб/га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость клубней, руб/ц
В <sub>1</sub>	Контроль	348,2	651,7	187,2	738,9
	Акварин 3	360,1	1027,4	285,3	549,5
	Акварин 5	361,2	1054,4	292,0	541,4
	Фолирус Премиум	371,3	1091,9	294,1	536,0
	Гумат +7	357,3	934,6	261,6	585,6
	Среднее по удобрениям	362,5	1027,1	283,3	553,1
В <sub>2</sub>	Контроль	349,4	690,6	197,6	711,9
	Акварин 3	365,7	1073,1	293,4	535,7
	Акварин 5	362,4	959,8	264,9	581,0
	Фолирус Премиум	377,0	1136,5	301,5	525,7
	Гумат +7	371,6	1251,2	336,7	482,4
	Среднее по удобрениям	369,2	1105,2	299,1	531,2
Среднее по опыту		362,4	987,1	271,4	578,8

Расчеты показали, что производственные затраты на производство продукции с 1 га были невысокие, так как применялась малозатратная технология возделывания (таблица 29). Они мало различались по вариантам опыта. Наименьшими были в контролях 1 (348,2) и 2 (349,4 тыс.руб./га). Самыми высокими производственные затраты отмечены в вариантах с применением препарата Фолирус Премиум (371,3 и 377 тыс.руб./га) в связи с большим расходом удобрения на 1 га (5 л) и высокой ценой на препарат (350 руб. за 1 литр).

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 Фолирус 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. Самым высоким он был в тех же вариантах, что и УЧД, а именно: при одном опрыскивании препаратами Акварин 5, Фолирус Премиум (292,0-294,1%), при двух – Гумат +7 (336,7%). Увеличение по сравнению с контролями 1 и 2 составило 104,8-106,9 и 139,1 абсолютных %.

При определении себестоимости клубней учитывали затраты не только на производство клубней, но и надземной части растений. Поэтому себестоимость их оказалась высокой, но она снижалась во всех вариантах с некорневой подкормкой. 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 контролями 1 и 2 снижение составило 197,5 – 202,9 руб./ц (26,7-27,5%) и 229,5 руб./ц (32,2%).

Таким образом, применение некорневых подкормок комплексными удобрениями с микроэлементами в технологии возделывания топинамбура экономически выгодно.

Самая высокая экономическая эффективность получена в вариантах с одной подкормкой Акварином 5 и Фолирус Премиум, с двумя – Гуматом +7. Повышение условно чистого дохода составило 61,8-67,5 и 81,2%, уровня рентабельности производства – 104,8-106,9 и 139,1%, снижение себестоимости клубней – 26,7-27,5 и 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 отцветания 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-отцветание» 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 экономическому 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  $мм \times га/ц$ ), при двух – Гуматом +7 (163,2  $мм \times га/ц$ ), а товарные – соответственно Акварином 3 и Акварином 5 (80,3  $мм \times га/ц$ ) и Гуматом +7 (70,4  $мм \times га/ц$ ). При программировании урожайности топинамбура

рекомендуется использовать биологический коэффициент водопотребления – 220, товарный - 88  $\text{мм} \times \text{га/ц}$  (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 производственного 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 однократной некорневой подкормкой Акварином 3 и двукратной Фолирус премиум накопили наибольший урожай сухой фитомассы (294,6 и 318,6 ц/га), прибавки к контролюм 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. $\text{м}^2/\text{га}$ , ФПП – 2,1-2,3

млн.м<sup>2</sup>×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.м<sup>2</sup>/га, ФПП – 2,2 млн.м<sup>2</sup>×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*<sub>0</sub>).

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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, С.Г. Эффективность применения комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании картофеля /С.Г. Алиев, И.Р. Вильдфлуш // Почвоведение и агрохимия. – 2011. - №1(46). – С. 237-243.
2. Аккудинов, О.Л. Влияние площади питания и удобрений на урожайность топинамбура / О.Л. Аккудинов // Топинамбур и тописолнечник – практикум возделывания и использования. – Иркутск, 1990. – С. 6-8.
3. Багаутдинова, Р.И. Продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура /Р.И. Багаутдинова, Г.ГТ. Федосеева //С.-х. биология растений. - 2000. - № 1. - С. 55-63.
4. Байбакова, Ю.В. Влияние доз и соотношений элементов минерального питания на продуктивность топинамбура и качество урожая: Автореф... дис....канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Байбакова Юлия Васильевна. - Тверь, 2005. - 24 с.
5. Байбакова, Ю.В. Влияние доз и соотношений элементов минерального питания на продуктивность топинамбура и качество урожая: Дис....канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Байбакова Юлия Васильевна. - Тверь, 2005. - 158 с.
6. Беляк, В.Б. Топинамбур на орошаемых участках Заволжья / В.Б. Беляк, В.З. Дворкин, А.В. Палещенко // Степ. Просторы. -1982. - № 6 – С. 24 - 26.
7. Богачев, В.Н. Аккумулирование селена топинамбуrom *Helianthus tuberosus* L./ В.Н. Богачев, Н.А. Голубкина // Топинамбур и другие инулиносодержащие растения - проблемы возделывания и использования / Сб. науч.тр. по матер. 6-й Межд., науч.-практ. конф. (12-14 сент. 2006 г.). - Тверь: ТГСХА, 2006. – С. 77 – 81.
8. Богомолов, В.А. Итоги исследований по выращиванию топинамбура/В.А. Богомолов, В.Ф. Петракова //Кормопроизводство. -2001. - № И.-С. 15-18.
9. Боров, Л.И. Особенности формирования урожая и потребления основных элементов картофелем и топинамбуром в условиях монокультуры: Автореф.дисс.канд.с-х.наук: 06.01.09 / Л.И.Боров. – М., 1971. – 28 с.
- 10.Багаутдинова, Р.И. Топинамбур как сырьё для практического использования / Багаутдинова, Р.И. // Новые нетрад. растения и перспективы их практ. использования / Сб. науч.тр. по матер. 2-го Междун. симпоз.. (16 – 20 июня 1997 г.). - Пущино, 2013. - С. 850 – 851.
- 11.Бутов, А.В. Урожай, качество и сохранность картофеля при использовании регуляторов роста растений / А.В. Бутов, А.А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. - №2 (5). – С. 13-19.
- 12.Варламова, К.А. Продуктивность и химический состав некоторых сортов топинамбура в засушливых условиях юга Украины / К.А.Варламова, В.М.

Цапенко, Н.И.Дылевская, В.М. Кошелев // Топинамбур и топинсолнечник – проблемы возделывания и использования. / Тез. Докл. по матер. III Всесоюзн. Науч.-произв.конф. (7 – 11 октября 1991 г.). – Одесса. Маяк, 1991. – С. 23-24.

13. Варламова, Е.Н. Влияние стимуляторов роста и минеральных удобрений на урожайность клубней топинамбура / Е.Н. Варламова // Материалы научно-практической конференции, посвященной 75 -летию со дня рождения проф. Г.Б. Гальдина (1928-1994). - Пенза, 2003. - С. 31.

14. Галеев, Р.Р. Пути повышения продуктивности и качества топинамбура/ Р.Р. Галеев, В.Н. Варламова // Топинамбур и топинсолнечник – проблемы возделывания и использования/ Тез. по матер. III Всесоюзн. науч.-произв.конф. (7 – 11 октября 1991 г.). – Одесса. Маяк, 1991. – С. 38-40.

15. Гамбаров, Т.А. Влияние удобрений на урожай и кормовые качества топинамбура / Т.А. Гамбаров // Химия в сельском хозяйстве. — 1975. — № 6. - 30-31.

16. Гасанова Е.С. Влияние агротехнических приемов при выращивании топинамбура на содержание и свойства в нем инулина/ Е.С. Гасанова, А.С. Сорокин, В.В. Котов // Вестник МичГАУ, 2011.4.1.-№1.-С.93-96.

17. Гатаулина, Г.Г. Растениеводство: учебник / Г.Г. Гатаулина, П.Д. Бугаев, В.Е. Долгодворов; под ред. Г.Г. Гатаулиной. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 608 с.

18. Гатаулина, Г.Г. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / Г.Г. Гатаулина // Растениеводство: учебник под редакцией Г.С. Посыпанова. – М.: НИЦ ИНФА-М, 2020. – С. 52-60.

19. Гуцал, А.И. Влияние удобрений и срока уборки на урожайность топинамбура / А.И. Гуцал, С.Т. Разумова, М.А. Пыхтина // Третья Всесоюзная научно-производственная конференция (Одесса 7-11 сентября 1991 г.). Топинамбур и топинсолнечник проблема возделывания и использования. Тезисы докладов. – Одесса: ВАСХНИЛ, 1991. – С. 20-22.

20. Гуцал, А.И. Влияние удобрений на урожайность клубней топинамбура / А.И. Гуцал // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования / Сб. науч.тр. по матер. II Межд. симпозиума. (16-20 июня 1997, г. Пущино) — Пущино, 1997. - Т. 5. - 639-641.

21. Гуцал, А.И. Влияние удобрений на формирование урожая топинамбура и его качество / А.И. Гуцал // Топинамбур и топинсолнечник — проблемы возделывания и использования / Тез. докл III Всес. науч.-произв. конф. (12-16 сентября 1993 г.). – Тверь: ТГСХА, 1993. — С. 24-25.

22. Гуцал, А.И. Влияние удобрений на качество урожая топинамбура / А.И. Гуцал // Экол. — популяц. анализ кормовых растений естественной флоры,

интродукция и использование. / Сб. науч.тр. по матер. 9-го Междунар. симп. по кормовым растениям (17-20 августа 1999 г.). - Сыктывкар, 1999. - С. 49-50.

23.Давыдович С.С. Земляная груша / С.С.Давыдович. - М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1957. - 95 с.

24.Данилов, К.П. Сбор листостебельной массы и клубней топинамбура в зависимости от срока уборки и удобрений / К.П. Данилов, Л.Г. Шашкаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013.- № 3. – С. 10 – 14.

25.Джанаев, К.И. Перспектива использования биомассы топинамбура сорта Скороспелка для получения биоэтанола / К.И.Джанаев, В.Н. Гобеев, // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2012. - № 1-2. - С. 396-398

26.Денисов, А.А. Агротехника топинамбура /А.А. Денисов, С.А. Куликов //Проблемы развития машинных технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции. - Пенза, 2002. - С. 240-242.

27.Дерюгин, И.П. Питание и удобрение овощных и плодовых культур / И.П Дерюгин, А.Н. Кулюкин. М.: Изв. МСХА, 1998. – 326 с.

28.Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А.Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

29.Ершова, Л.Д. Топинамбур - ценное сырье для производства продуктов питания повышенной биологической ценности/ Л.Д. Ершова, Л.А. Алексина, Р.С. Ермоленко // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): Материалы 1-ой Международной научно-практической конф., Москва, Сергиев-Пассад, 23-27 сентября. 2002.-С. 296-297.

30.Зеленков, В.Н. Гидротермальный нанокремнезем в сельскохозяйственном растениеводстве и биотехнологии / Зеленков В.Н., Потапов В.В. // Наноиндустрия. 2020. Т. 13. № 1 (94). С. 22-33.

31.Зеленков, В.Н. Многоликий топинамбур в прошлом и настоящем /В.Н. Зеленков, С.С. Шайн. - Новгород, НТФ «Арис», - 2000. - 241 С.

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

33. Зеленков, В.Н., Топинамбур: агробиологический портрет и перспективы инновационного применения. / В.Н. Зеленков, Н.Г. Романова /М., 2012. 161 с.

34. Зимин, В.С. Экономическая эффективность механизации возделывания и переработки топинамбура. / В.С. Зимин / М., 2017. 160 с.

35. Иванов, И.А. Основы почвоведения, агрохимии и земледелия / И.А. Иванов, В.П. Якушев, А.И.Иванов. – Санкт-Петербург.: АФИ, 2010. – 236 с.

36. Квитайло, И.В. Сравнительный биохимический анализ клубней топинамбура различных сортов / И.В. Квитайло, М.А. Кожухова, М.В. Степуро // Известия вузов. Пищевая технология. - 2010. - № 2–3. – С.20 – 21.

37. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М.К. Каюмов. — М.: Агропромиздат., 1989. — 320 с.

38. Кириллова, Е.А. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура с применением некорневых подкормок комплексными удобрениями / Кириллова Е.А., Усанова З.И., Смирнова И.Н. // в сборнике: XXVIII Каргинские чтения. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской молодежной конференции «Физика, химия и новые технологии». Тверь, 2022. С. 73.

39. Кирюшин, В.И. Агротехнологии / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. — СПб. Лань, 2015. — 464 с.

40. Клечковский, В.М. Агрохимия: Учебник / В.М. Клечковский, А.В. Петербургский. М: Колос, 1964. 527 с.

41. Королева, Ю.С. Влияние удобрений и сроков использования посадок на продуктивность топинамбура в Верхневолжье /Ю.С. Королева // Овощи России. - 2016. - № 1(30). – С. 54-59.

42. Коротков, В.В. Топинамбур - растение XXI века /В.В. Коротков //IV Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - М., 2001. - Т3. - С. 692-693.

43. Кореньков, Д.А. Удобрения, их свойства и способы использования / Д.А. Кореньков. - М.: Колос, 1982. - 415 с.

44. Корсун, В.Ф. Использование топинамбура в фитопарасауне / В.Ф. Корсун, Е.В.Корсун // Фитотерапия: инновации и перспективы /Сб. науч.тр. по матер. Межд. симп. (14 – 16 февр. 2017 г.). – М.: Институт восточной медицины. – 2017. – С. 64 – 68.

45. Кондратьев, Е.К. Сравнительная оценка топинамбура, картофеля и сахарной свеклы в условиях Смоленской области / Е.К. Кондратьев // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты, 2001. -Вып.5.-С. 93-98.

46. Коренман, И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / И.М. Коренман. - М. Химия, 1975. - С.205.

47. Королева, Ю.С. Удобрение топинамбура при многолетнем использовании плантаций: Дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09, 06.01.12 / Королева Юлия Сергеевна. - Тверь, 2009. – 210 с.

48. Королева, Ю.С. Удобрение топинамбура при многолетнем использовании плантаций: Автореф. дис....канд. с.-х. наук: 06.01.09, 06.01.12 / Королева Юлия Сергеевна. - Тверь, 2009. – 23 с.

49. Королева, Ю.С. Формирование урожайности топинамбура в Верхневолжье при внесении расчетных доз удобрений / Ю.С. Королева // Плодородие. – 2016. - № 2 (89). – С. 20 – 23.

50. Кочнев, Н.К. Топинамбур биоэнергетическая культура XXI века / Н.К. Кочнев, М.В. Калиничева - М.: Типография «Арес», 2002. - 76 с.

51. Кочнев, Н.К. Дорога к топинамбуру /Н.К. Кочнев // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): Материалы 1-ой Международной научно-практической конф., Москва, Сергиев-Пасад, 23-27 сентября, 2002. - С. 3-8.

52. Кочнев, Н.К. Топинамбур и экология. / Н.К. Кочнев // Третья Всеземонная научно-производственная конференция. Топинамбур и топинсолнечник – проблема возделывания и использования. Тезисы докладов: Одесса 7-11 октября 1991 г. – С. 15-17.

53. Кузнецов, А.И. Возделывание топинамбура в Нечерноземной зоне /А.И. Кузнецов, О.И. Кузнецова, В.И. Кузнецов // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: III Междунар. научно-производственная конф., Пенза, 2000. - Т. 3. - С. 288-289.

54. Кшникаткин, С.А. Промышленная переработка топинамбура / С.А. Кшникаткин // Совершенствование ресурсосберегающих технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции. - Пенза, 2003.-С. 113-116.

55. Кшникаткина, А.Н. Влияние азотфиксаторов на продуктивность топинамбура / А.Н. Кшникаткина // Кормопроизво,1998. - №5, - С. 24-26.

56. Кшникаткина, А.Н. Технология выращивания и использования нетрадиционных кормовых и лекарственных растений /А.Н. Кшникаткина, В.А. Гущина, В.А. Варламов, В. Г. Вихрева, А.А. Галиуллин, С.А. Кшникаткин, О.А. Духайн, Е.Н. Варламова. - М.: ВНИИСОК, 2003. - 366 с.

57. Кызынгашева, Т.П. Технология возделывания топинамбура /Т.П. Кызынгашева //Аграрная наука Хакасии: проблемы, пути их решения, перспективы. - Абакан, 2003. - 126-129 с.

58.Логинов, С.В. Изучение кремнийорганического препарата Энергия-М / Логинов С.В., Петриченко В.Н. // Агрохимический вестник. 2010. № 2. С. 22-24.

59.Манохина, А.А. Разработка и освоение научно-обоснованной технологии механизированного возделывания топинамбура: Дис... доктора с.-х. Наук: 05.20.01 / Монахина Александра Анатольевна. – Москва, 2017.- 294 с.

60.Мигулов, С.П. Влияние некорневых подкормок регуляторами роста и удобрениями на продуктивность сортов картофеля в условиях Верхневолжья / С.П. Мигулов// В сб. XXVII Каргинские чтения. Тезисы докладов Всеросийской науч.-тех. конф. молодых ученых, посвященной –Году науки и технологий. – Тверь, 2021. – С. 110.

61.Можарова, И.П. Влияние регуляторов роста на продуктивность картофеля и устойчивость к болезням: Можарова Ирина Петровна: Дисс...канд. с-х наук: 06.01.01. – Москва, 2007. – 131 с.

62.Николаев, П.В. Продуктивность топинамбура при разных технологиях возделывания в условиях Верхневолжья: Автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Николаев Петр Валерьевич. – Тверь, 2011.- 20 с.

63.Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович // Тимирязевские чтения, XV. М.: АН СССР. - 1956. - 93 с.

64.Осербаев, А.К. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура в условиях Верхневолжья // Автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Осербаев Алишер Курбанбаевич. – Тверь, 1998. – 23 с.

65.Осербаев, А.К. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура в условиях Верхневолжья // Дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Осербаев Алишер Курбанбаевич. – Тверь, 1998. – 203 с.

66.Павлов, М.Н. Семенная и клубневая продуктивность сортов топинамбура в зависимости от фона минерального питания и фотопериодизма в условиях ЦРНЗ РФ: Автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.01 Павлов Максим Николаевич. – Тверь, 2017. – 21 с.

67.Павлов, М.Н. Семенная и клубневая продуктивность сортов топинамбура в зависимости от фона минерального питания и фотопериодизма в условиях ЦРНЗ РФ: Дис... канд. с.-х. наук: 06.01.01 Павлов Максим Николаевич. – Тверь, 2017. – 189 с.

68.Пасько, Н.М. Биологические особенности топинамбура / Н.М. Пасько // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции ВНИИ растениеводства. - Л. – 1973. – т.50, Вып.2 . – С. 102-122.

69. Пасько, Н.М. Биология цветения топинамбура / Пасько Н.М. // Научные труды Майкопской опытной станции Всесоюзного института растениеводства, 1974. – Вып. 8. – С. 235-250.

70. Пасько, Н.М. Перспективные направления использования топинамбура / Н.М. Пасько // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: Всерос. науч. – производ. конф. Пенза, 1998. - Т 3. - С. 15-19.

71. Пасько, Н.М. Топинамбур – источник экологически безопасной растениеводческой продукции (В условиях Северо-Кавказского региона) / Н.М. Пасько // Производство экологически безопасной продукции растениеводства. Пущино, 1996. - Вып.2. - С. 201 – 202.

72. Пат. 2265300 РФ, Способы борьбы с нежелательной порослью топинамбура / З.И. Усанова, С.С. Скворцов, А.К. Осербаев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Тверская ГСХА. – № 2003137616/12; заявл. 29.12.03; опубл. 10.12.2005. Бюл. № 34

73. Петриченко, В.Н. Содержание биологически активных веществ в растениях топинамбура в зависимости от применения удобрений и регуляторов роста / В.Н. Петриченко, О.С. Туркина, М.В. Харжевская // Аграрная Россия, - 2013. - №3. – С. 34-37.

74. Посыпанов, Г.С. Биологические критерии системы удобрения / Г.С. Посыпанов // Растениеводство: учебник, - М.: НИЦ ИНФА-М, 2020. – С. 37.

75. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др. // - М.: НИЦ ИНФА-М, 2020, - 612 с.

76. Посыпанов, Г.С. Топинамбур (земляная груша) / Г.С. Посыпанов, П.Д. Бугаев, Б.Х. // Растениеводство: учебник под ред. Г.С. Посыпанова. - М.: НИЦ ИНФА-М, 2020. – С. 326-395.

77. Прокопенко, Л.С. Химический состав и питательность клубней топинамбура / Л.С. Прокопенко, Х.Ф. Юрченко // Тез. по мат. III Всесоюзной научно – производственной конференции (7-11 октября 1991 г.) . – Одесса: МАЯК, 1991. – С. 40-41.

78. Пустовой, В.Ф. Перспективы использования топинамбура в кормлении лошадей / В.Ф. Пустовой // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): Материалы 1-ой Международной научно-практической конф., Москва, Сергиев-Пассад. - 23-27 сентября, 2002.- С. 50-51.

79. Разина, А.А. Биологические особенности *Helianthus tuberosus* L. в связи с интродукцией в условиях Восточной Сибири / А.А. Разина // Автореф. дисс... канд. биол. наук: – К., 1992. – 28 с.

80.Растениеводство: учебник / П.В.Вавилов, В.В.Гриценко, В.С.Кузнецов и др. - М.: Колос, 1979. – С. 310-317.

81.Рейнгарт, Э. Топинамбур - ценная культура / Э. Рейнгарт, В. Хвостов, Г.Варламов, А. Долгошев // Сельский механизатор. — 1998. - № 6. – С. 22-24.

82.Рыженко, В.Х. Некоторые вопросы агротехники топинамбура в Приморском крае / В.Х. Рыженко // Пятая Межрегиональная, межотраслевая научно-производственная конференция, Топинамбур и топинсолнечник – проблемы возделывания и использования. Тезисы докладов (Тверь, 12-16 сентября 1993 г.). – Тверь, 1993. – С. 26-27.

83.Рыхливский, И.П. Биологические и агротехнические основы введения топинамбура в промышленную культуру в условиях юго-западной лесостепи Украины /И.П. Рыхливский //Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): Материалы 1-ой Между- нар. науч.-практич. конф., - М.: Арис, 2002. - С. 172-176.

84.Светашова, Л.А. Совершенствование технологии возделывания топинамбура в ЦЧЗ: Автореф. дис... канд. с.-х. наук /Л.А. Светашова. - Рамонь, 2000. - 23 с.

85.Светашов А.С. Агроценоз посевов топинамбура в условиях различной площади питания // Тезисы докл. на V межрегиональной научно-произ. конференции. – Воронеж, 1992. – С. 69-73.

86.Свешникова, Н.Н. Влияние минеральных и органических удобрений на продуктивность топинамбура / Н.Н. Свешникова, В.П.Гончарова, И.А. Павлик // Тез. докл III Всес. науч.-произв. конф. (12-16 сентября 1993 г.). – Тверь: ТГСХА, 1993. - С.26.

87.Смирнова, И.Н. Влияние удобрений и ростостимулирующих препаратов на продуктивность топинамбура /И.Н. Смирнова// в сборнике: 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.

88.Скворцов, С.С. Приемы выращивания и борьбы с порослью топинамбура: Автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.09 /С.С. Скворцов. - Тверь, 2004. - 22 с.

89.Скворцов, С.С. Приемы выращивания и борьбы с порослью топинамбура: Дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.09 /С.С. Скворцов. - Тверь, 2004. - 129 с.

90.Скоблина, В.И. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) /В.И. Скоблина. - М.: Армадапресс, 2001. - 31 с.

91.Старовойтов, В.И., Топинамбур - уникальное растительное сырье / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, П.С Звягинцев // Пищевая промышленность. - 2015.- № 8 - С. 16 – 20.

91.1.Старовойтов, В.И., Интродукция топинамбура в Российской Федерации / В.И. Старовойтов, С.В. Жевара, В.А. Бызов и др. – М.: Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха, 2024. – 323 с.

92.Старовойтова, О.А. Полевые коллекции сортообразцов топинамбура на дерново-подзолистой суглинистой почве ЦФО / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина // АПК России. - 2017. - Том 24.-№2. - С. 338-343.

93.Тисленко, Е.А. Применение биологических препаратов и азотофосфина в технологии возделывания озимой тритикале в условиях Верхневолжья: Автореф. дис...канд. с.-х. наук: Агросфера, 2011. – 20 с.

94.Ткаченко, К.Г. Топинамбур в условиях Северо-Запада России, обеспеченность элементами питания и накопление инулина /К.Г. Ткаченко, И.А. Косарева //Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. - Москва, 2003. - С. 39-43.

95.Туркина, О.С... Действие регуляторов роста и гуминовых удобрений при некорневой обработке топинамбура / О.С. Туркина, В.Н. Петриченко, М.Ю. Стукалов // Агрехимический вестник. - 2013. – С. 22-23.

96.Усанова, З.И. Агробиологические особенности земляной груши в южных районах Нечерноземной полосы: Автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Усанова Зоя Ивановна. - М.: МСХА, 1964. - 16 с.

97.Усанова, З.И. Агротехника возделывания земляной груши / З.И. Усанова // Труды Тульской гос. сельскохозяйственной опытной станции; т.1 – Тула: Приокское кн. изд., 1967. – С. 123-161.

98.Усанова, З.И. Адаптивная технология возделывания земляной груши (топинамбура) сорта Скороспелка /З.И. Усанова, А.К. Осербаев //Интродукция нетрадиционных и редких растений: IV Междунар. науч.- практичес. конф., Ульяновск. - 2002. - Т. 1. - С. 42-44.

99.Усанова, З.И. Биологические особенности и технологии возделывания картофеля и земляной груши /З.И. Усанова, А.К. Осербаев. - Учебное пособие. - Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2004. - 76 с.

100. Усанова, З.И. Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество урожая сортов картофеля с фиолетовой мякотью клубней / З.И. Усанова, С.Е. Прядеин // Картофель и овощи. - 2020.- №6. С. 32-36.

101. Усанова, З.И. Влияние некорневых подкормок на рост и развитие топинамбура сорта Скороспелка / Усанова З.И., Смирнова И.Н., Кириллова Е.А. // в сб.: Инновационные технологии в АПК: проблемы и перспективы. материалы Международной научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА 2021. С. 37-40.

102. Усанова, З.И. Влияние удобрений на формирование урожайности топинамбура / З.И. Усанова, А.К. Осербаев //Проблемы рационального использования производственно-экономического потенциала АПК Тверской области. - Тверь, 1999. - С. 122-146.

103. Усанова, З.И. Влияние удобрений на формирование урожайности топинамбура / З.И. Усанова, А.К. Осербаев //Иновационные технологии и продукты. - Новосибирск, 1999. - С. 16-33.

104. Усанова, З.И. Влияние фона минерального питания и фотопериодизма на формирование урожайности сортов топинамбура и продуктивность агроценозов в условиях Верхневолжья / З.И. Усанова, М.Н. Павлов // Достижения науки и техники АПК. – 2016, Т. – 30. - № 5. – С. 64-68.

105. Усанова, З.И. Влияние фона удобрений и площади питания на продуктивность и качество урожая топинамбура /З.И. Усанова, В.В. Баранов //Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: Всерос. науч.-производ. конф., Пенза, 1998. - Т 4. - С. 163-165.

106. Усанова, З.И. Вынос NPK с урожаем топинамбура и коэффициенты использования NPK из почвы и удобрений /З.И. Усанова, А.К. Осербаев, О.Н. Аракчеева//Тез. XX-й науч.- практ. конф., Тверь, 1997. - С. 42-43.

107. Усанова, З.И. Использование комплексных удобрений при получении экологически безопасной продукции топинамбура / Усанова З.И., Смирнова И.Н., Кириллова Е.А. // 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.

108. Усанова, З.И. Клубнеплоды. Биологические особенности и технологии возделывания картофеля и земляной груши / З. И. Усанова, А. К. Осербаев, К. И. Зияев, М. Н. Павлов; [общая редакция З. И. Усановой]: учебное пособие. - Тверь, 2018 -152 с.

109. Усанова, З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству / Учебное пособие / З.И.Усанова. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015. – 143 с.

110. Усанова, З.И. Особенности биологии и технологии возделывания топинамбура / З.И.Усанова // Топинамбур и другие инулиносодержащие растения – проблемы возделывания и использования / Материалы 6-й Международной научно-практической конференции. 12-19 сентября 2006 г. – Тверь: ТГСХА. – С. 12-36.

111. Усанова, З.И. Особенности биологии и физиологии земляной груши /З.И. Усанова //Достижения сельскохозяйственной науки - развитию агропромышленного комплекса. - Тверь, ТГСХА, 2004. - С. 27-29.

112. Усанова, З.И. Особенности возделывания топинамбура в северо-восточной части Центрального рациона России /З.И. Усанова, В.А. Иванов //Топинамбур и топинсолнечник - проблемы возделывания и использования: Тез. В межрег. науч.-произв. конф., Тверь, 1993. -С.23-24.

113. Усанова, З.И. Перспективы применения микроудобрений для повышения продуктивности сортов картофеля / Усанова З.И., С.П. Мигулов, М.Н. Павлов // Зеленый журнал – Бюллетең ботанического сада Тверского гос. университета. – 2019. – №7. – С 21-23.

114. Усанова З.И. Площади питания топинамбура // Докл. ТСХА – биол., земледелие и растениеводство, 1964. – Вып. 98. – С. 157-161.

115. Усанова, З.И. Продуктивность картофеля при использовании различных микроудобрений и регуляторов роста / Усанова З.И., С.П. Мигулов, М.Н. Павлов // Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени / Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тверь, Тверская ГСХА, – 2020. С. 61-64.

116. Усанова, З.И. Продуктивность картофеля при использовании различных регуляторов роста в ЦРНЗ РФ / Усанова З.И., С.П. Мигулов, М.Н. Павлов // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития / Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. Тверь, Тверская ГСХА, – 2021. С. 107-110.

117. Усанова, З.И. Продуктивность, качество и кормовая ценность урожая топинамбура при многолетнем возделывании в Центральном Нечерноземье / З.И. Усанова, А.К. Осербаев, Ю.С. Королева // Кормопроизводство. – 2012. – № 5. – С. 20 - 25.

118. Усанова, З.И. Продуктивность топинамбура при применении некорневых подкормок различными препаратами / Усанова З.И., Смирнова И.Н., Кириллова Е.А. // Образование, инновации, цифровизация: взгляд регионов / Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА 2022. С. 50-53

119. Усанова, З.И. Программирование урожайности земляной груши /З.И. Усанова //Актуальные проблемы аграрной науки и практики: Сб. научных трудов, Тверь, 2005. - С. 8-11.

120. Усанова, З.И. Программирование урожайности кукурузы при использовании в технологии возделывания органических, комплексных удобрений и биопрепаратов / З.И. Усанова, П.И. Мигулов, Ю.Т.Фаринюк, М.Н. Павлов, Т.И. Смирнова. – Тверь: Тверская ГСХА, 2023. – 131 с.

121. Усанова, З.И. Продукционный процесс земляной груши (топинамбура) и зависимость конечной продуктивности агроценоза от показателей фотосинтетической деятельности и метеорологических факторов / З.И. Усанова, А.К. Осербаев // Улучшение использования природного ресурсного потенциала Тверского региона. - Тверь, 2002. - С. 234-236.

122. Усанова, З.И. Разработка инновационной технологии производства картофеля в Центральном Нечерноземье / З.И. Усанова, С.П. Мигулов, М.Н. Павлов // Инновационные технологии в АПК: проблемы и перспективы / Материалы Международной научно-практической конференции. – Тверь, Тверская ГСХА 2021. – С. 43-47.

123. Усанова, З.И. Скороспелка - высокопродуктивный сорт земляной груши (топинамбура) с широкими возможностями использования /З.И. Усанова //Аграрная Россия. - 2001. - № 6. - С. 34.

124. Усанова, З.И. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов полевых культур / З.И. Усанова. – Тверь: ТГСХА, 1999. – 330 с.

125. Усанова, З.И. Технология возделывания земляной груши (топинамбура) сорта Скороспелка, адаптированная к условиям Центрального района России /З.И. Усанова, А.К. Осербаев // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): Материалы 1-ой Международной научно-практической конф., Москва, Сергиев-Пассад. - 23-27 сентября, 2002.- С. 10-11.

126. Усанова, З.И. Топинамбур - высокопродуктивная культура разностороннего использования /З.И. Усанова // Топинамбур и топинсолнечник - проблемы возделывания и использования: Тез. докл. на межрег. межотраслевой науч.-произв. конф., Тверь, 1993. - С. 7-9.

127. Усанова, З.И. Увеличение содержания полифруктанов в клубнях топинамбура под влиянием хелатных комплексов микроэлементов / З.И. Усанова, Т.И. Смирнова, Н.Н. Иванютина, М.Н. Павлов, О.А. Булюкина // Вестник ТвГУ. Серия: Химия. -2017. -№ 3. -С. 139–147.

128. Усанова, З.И., Формирование высокопродуктивных агроценозов топинамбура: особенности минерального питания, удобрение: монография. /З.И. Усанова, Ю.В. Байбакова/ Тверь: «АгросфераA» Тверская ГСХА, 2009. 159 с.

129. Усанова, З.И. Формирование урожайности сортов картофеля при использовании различных препаратов для некорневой подкормки / З.И. Усанова, С.П. Мигулев, М.Н. Павлов, Л.В. Алексеев // Образование, инновации, цифровизация: взгляд регионов / Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2022. - С. 46-50.

130. Усанова, З.И. Формирование урожайности сортов картофеля при применении различных препаратов в технологии возделывания / З.И. Усанова, С.П. Мигулев, М.Н. Павлов // Научные приоритеты в АПК: инновации, проблемы, перспективы развития / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тверь, 2019. - С. 18-22.

131. Усанова, З.И. Формирование урожайности топинамбура при применении некорневых подкормок комплексными удобрениями / Усанова З.И., Смирнова И.Н., Кириллова Е.А. // Проблемы и перспективы развития науки и образования. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Тверь: Тверская ГСХА, 2023. - С. 109-113.

132. Усанова, З.И. Формирование урожайности топинамбура при применении некорневых подкормок комплексными удобрениями / Усанова З.И., Смирнова И.Н., Павлов М.Н. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (223). С. 23-29.

133. Усанова, З.И. Формирование урожайности топинамбура сорта «Скороспелка» в зависимости от густоты стояния и фона удобрения / З.И. Усанова, В.В. Баранов // Ведение сельского хозяйства Тверской области в условиях природоохранного и низкозатратного земледелия: Тез. XX науч.-практ. конф., Тверь, 1997. - С. 48-49.

134. Усанова, З.И. Химический состав и питательность топинамбура / З.И. Усанова, А.К. Осербаев. Топинамбур и топинсолнечник - проблемы возделывания и использования: Тез. докл. на межрег. межотраслевой науч.-произв. конф., Тверь, 1993. - С. 14-16.

135. Усанова, З.И. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура с применением некорневых подкормок комплексными удобрениями / Усанова З.И., Смирнова И.Н., Кириллова Е.А. // Зеленый журнал - Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2022. Выпуск 10. Тверь, 2022. – С. 12-15.

136. Устименко-Бакумовский, Г.В. Биологические основы культуры топинамбура в Европейской части СССР: Автореф. дис... докт. с.-х.наук: 06.01.09. Устименко-Бакумовский Григорий Васильевич – М.: 1972. – 366 с.

137. Устименко, Г.В. Водный режим клубнеплодных растений (на примере топинамбура) / Г.В. Устименко, З.И. Усанова // Доклады ТГСХА. Биология, земледелие и растениеводство. – М., 1965. – С. 85-90.

138. Устименко Г.В. Многолетнее выращивание топинамбура и его использование / Г.В. Устименко // Докл. ТСХА, 1960. Вып.53. - С. 209-214.

139. Устименко, Г.В. Основные итоги изучения культуры земляной груши. / Г.В. Устименко // Известия ТСХА, вып. 5. – 1960. – С. 56-63.

140. Устименко, Г.В. Особенности питания и удобрения топинамбура / Г.В. Устименко, З.И. Усанова // Доклады ТСХА. Агрохимия, физиология растений, почловедение. – 1964. - №99. – С. 323-328.

141. Федосеева, Г. П. Фотосинтез листьев и продуктивность клубней топинамбура/Г. П. Федосеева, П. Ю. Воронин, Р. И. Багаутдинова // Физиология растений. -М., 2015. т. 62. - № 2.-С.244-248

142. Филин, В.В Формирование запрограммированных урожаев картофеля на выщелоченных черноземах центрального района Российской Федерации: Автореф... дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Филин Владимир Валерьевич. - Тверь, 2007. - 21 с.

143. Филиппов, М.Н. Топинамбур – ценная кормовая культура // Пятый симпозиум по новым силосным растениям. – Л.: Колос, 1970. – ч.1. – С. 95-96.

144. Цугкиев, Б.Г. Содержание питательных веществ в нетрадиционных кормовых культурах /Б.Г. Цугкиев, Л.Ч. Гагиев //Земледелие. - 2004. - № 1.-С. 10-11.

145. Цугкиева, В.Б. Питательные вещества клубней топинамбура / В.Б.Цугкиева, Б.Г. Цугкиев, Л.Б. Дзантиева // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 33.

146. Чирков Е. П. Экономика и организация кормопроизводства (теория, практика, региональный уровень) / Е. П. Чирков. – Брянск: ГУП «Брянск. обл. полигр. объединение». - 2008. – 192 с.

147. Шатилов, И.С. Транспирация полевых культур на дерново-подзолистой почве / И.С.Шатилов, А.Г. Замараев, Г.В Чаповская. // Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. – М.: Наука, 1983. – С. 30-43.

148. Шайн, С.С. Освобождение поля от земляной груши (топинамбура) / С.С.Шайн. - М.: Сельхозиз, 1936. - 13 с.

149. Шатилов, И.С. Постановка опытов и проведение исследований по программированию урожаев полевых культур / И.С.Шатилов, М.К.Каюмов. – М.: ВАСХНИЛ, 1978. – 66 с

150. Шатилов, И.С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И.С.Шатилов, А.Ф.Чудновский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 320 с.

151. Шигарова, А.М. Возможные механизмы влияния герматранола на термоустойчивость проростков пшеницы / Шигарова А.М., Грабельных О.И., Барышок В.П., Боровский Г.Б. // Прикладная биохимия и микробиология. 2016. Т. 52. № 4. С. 410-415.

152. Щербакова, Н.А. Регуляторы роста на картофеле в Нижнем Поволжье / Н.А. Щербакова//Картофель и овощи. – 2013.- №10 – с. 21-22.

153. Эйхе Э.П. Топинамбур или земляная груша / Э.П. Эйхе. - М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 193 с.

154. Ягодин, Б. А. Агрохимия/ Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко Под ред. Б. А. Ягодина. — М.: Колос, 2002. - 584 с.

155. Якушкина, Н.И. Физиология растений / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. М.: Владос, 2004. - 464 С.

156. Akimoto, H. Atmospheric Reaction Chemistry / H. Akimoto. Springer Japan. - 2016. - 433 p.

157. Benton, J. J. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis / J. J. Benton. London: Washington: CRC Press. - 2001. - 363 p.

158. Bhagsari, A.S. Relationship of photosynthesis and harvest index to sweet potato yield / A.S. Bhagsari, D.A. Ashley //J Am. Soc. Hortic. Sc.. - 1990, T1 15. - P.288-293.

159. Chekroun, M.B. Comparison of fructose production by 37 cultivars of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) / M.B. Chekroun, , J. Amzile, A. Mokhtari, N.E. El Haloui, J. Prevost, R. Fontanillas, N. Z. // J. Crop Hortic. Sc.. - 1996. - № 24. – P. 115 – 120.

160. Ghoneim, I.M. Effect of harvesting dates and potassium fertilization levels on vegetative growth, tuber yield and quality of jerusalem artichoke / I.M. Ghoneim // J.Agric.&Env.Sci.Alex.Univ., Egypt. – 2005. - №4 (2). – P. 37 – 57.

161. Hasstings M.N. Towards a molecular biological calendar / M.N. Hasstings, B.K. Follet // J. Biol. Rhythms. - 2001. - № 16. - P. 424-430.

162. Kaur, N. Applications of inulin and digofructose in health and nutrition / N. Kaur, A.K. Gupta // J. Biosci. - 2002. - № 27. – P. 703-714.

163. Kays, S.J. Genetic variation in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) flowering date and duration / S.J.Kays, F. Kultur // Hortscience. - 2005. - № 40 - P.1675-1678.

164. Koeppe, D. E. The uptake distribution and effect of cadmium and lead in plant / D. E. Koeppe // Sci. Total Environ. - 1977. - Vol. 7, № 3. - P. 197-206.

165. Kasal, P. Topinambur - znovubjevem plodina /P. Kasal, J. Cepl, J. Vacek //Uroda, 2001. - R. 49. - № 1. - S. 23-25.

166. Liu, Z.X. Chemical composition and potential ethanol yield of Jerusalem artichoke in a semi-arid region of China / Z.X. Liu, Y. Steinberger, X. Chen, J.S. Wang, G.H. Xie // Italian Journal of Agronomy. - 2015. - № 10:603. - P. 34 – 43.

167. Möller-Steinbach, Y. Flowering Time Control. / Y. Möller-Steinbach, C. Alexandre, L. Hennig / Plant Developmental Biology. - New York: Humana Press. - 2010. P. 229-237.

168. Ong Che, R.G. Concentration of 7 heavy metals in sediments and mangrove root samples from mai po, hong kong / Ong Che R.G. // Marine pollution bulletin. - 1999. - № 1–12. - P 269 – 279.

169. Puangbut, D. Influencnce of plantnting date and temperature on inulin contntentnt in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) / D. Puangbut, , S. Jogloy, N. Vorasoot, S. Srijaranai, T. Kesmala, C.C. Holbrook, A. Patanothai // Austrtralian J. of Crop Sciencnce. - 2012. – V. 6. №7. – P. 1159–1165.

170. Paungbut, D. Growth and phenology of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) / D. Paungbut, S. Jogloy, N. Vorasoot, A. Patanothai // Pak. J. Bot. - 2015. - № 47(6) - P. 2207-2214.

171. Pool-Zobel, B.L. Inulin – tipe fructans and reduction in colon cancer risk of experimental and human data / B.L. Pool-Zobel // British Journ. of Nutrition. - 2005 № 1. - P.73-79.

172. Ruttanaprasert, R. Photoperiod and growing degree days effect on dry matter partitioning in Jerusalem artichoke / R. Ruttanaprasert, S. Jogloy, N. Vorasoot, Kesmala T., R.S. Kanwar, C.C. Holbrook and A. Patanothai // Int. J. Plant Prod.. - 2013. №7. P 393-416.

173. Schützendübel, A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxida-tive stress and protection by mycorrhization / A. Schützendübel, A. Polle //J. Experimental Botany. - 2002. - Vol. 53. - P. 1351-1365.

174. Seiler, G.J. Forage and tuber yields and digestibility of selected wild and cultivated genotypes of Jerusalem artichoke / G.J. Seiler // Agron. J. - 1993. – Vol. 85. P. 29–33.

175. Stanley, J. K. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L. / J. K. Stanley, F. N. Stephen. - London; New York : CRC Press. - 2007. – 496 p.

176. Stanley, E.M. Environmental chemistry / E.M. Stanley. - London; New York : CRC Press. - 2010. – 783 p.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Расчет (определение величины) урожайности топинамбура сорта Скороспелка, которую можно получить при внесении удобрений  $N_{64}P_{64}K_{64}$  (балансовый метод).

В расчете использованы:

- данные выноса (В) питательных веществ с урожаем топинамбура сорта Скороспелка, полученные в результате исследований М.Н. Павлова, 2017 год [66, 67];
- коэффициенты использования NPK из почвы ( $K_p$ ) и удобрений ( $K_y$ ), также по данным Павлова М.Н. [66, 67];
- формула расчета доз NPK (З.И. Усанова [109]):

$$\text{Д.д.в (N; P}_2\text{O}_5; \text{K}_2\text{O}) = \frac{(Y \times B) - (\Pi \times K_m \times K_p)}{K_y}$$

Из этой формулы получаем:

- $(Y \times B)$  – неизвестные, а затем  $Y$  (делением  $YB:B$ )
- фактическое содержание NPK в почве ( $\Pi$ )
- коэффициент перерасчета питательных веществ в пахотном слое почвы –  $K_m$ , на данной почве он равен 27,5 ( $22 \text{ см} \times 1,25^2 / \text{см}^3$ ). 27,5 масса почвы в объеме пахотного слоя.

	Вынос на 1 т зеленой массы, кг	Вынос на 1 т клубней, кг	Содержание в почве, ( $\Pi$ )		Коэффициент использования	
			мг/кг	мг/100 г	$K_p$	$K_y$
<b>N</b>	1,65	2,17	74,1	7,41	0,5856	0,7257
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,34	0,49	308,8	30,8	0,0273	0,0607
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3,62	4,26	121,4	12,14	0,9822	0,3418

$$\text{Д.д.в (N)} = \frac{(Y \times B) - (\Pi \times K_m \times K_p)}{K_y}$$

$$(Y \times B) - (\Pi \times K_m \times K_p) = \text{Д.д.в.} \cdot N \times K_y$$

$$X = \text{Д.д.в.} \cdot N \times K_y + (\Pi \times K_m \times K_p) = (64 \times 0,7257) + (7,41 \times 27,5 \times 0,5856) = 165,74$$

$$(Y \times B) = 165,74$$

$$\text{Уз.м.} = 165,74 / 1,65 = 100,45$$

$$\text{Укл.} = 165,74 / 2,17 = 76,83$$

$$\Sigma = 177,28 / 2 = 88,64 - \text{урожайность фитомассы (надземная масса + клубни) т/га}$$

$$\text{Доля клубней в урожае} = 0,57$$

$$\text{У клубней} = 88,64 \times 0,57 = 50,5 \text{ т/га}$$

$$\text{У зел.массы} = 88,64 - 50,5 = 38,14 \text{ т/га}$$

$$\text{Д.д.в. (P}_2\text{O}_5\text{)} = \frac{(\text{У} \times \text{В}) - (\text{П} \times \text{К}_M \times \text{К}_P)}{\text{К}_U}$$

$$(\text{У} \times \text{В}) - (\text{П} \times \text{К}_M \times \text{К}_P) = \text{Д.д.в. P}_2\text{O}_5 \times \text{К}_U$$

$$\text{Х} = \text{Д.д.в. P}_2\text{O}_5 \times \text{К}_U + (\text{П} \times \text{К}_M \times \text{К}_P) = (64 \times 0,0607) + (30,8 \times 27,5 \times 0,0273) = 26,405$$

$$(\text{У} \times \text{В}) = 26,405$$

$$\text{Уз.м.} = 26,405 / 0,34 = 77,66 \text{ т/га}$$

$$\text{Укл.} = 26,405 / 0,49 = 53,89 \text{ т/га}$$

$$\sum = 131,56 / 2 = 65,78 - \text{урожайность фитомассы (надземная масса + клубни) т/га}$$

Доля клубней в урожае 0,57

$$\text{У клубней} = 65,78 \times 0,57 = 37,49 \text{ т/га}$$

$$\text{У зел.массы} = 65,78 - 37,49 = 29,29 \text{ т/га}$$

$$\text{Д.д.в. (K}_2\text{O)} = \frac{(\text{У} \times \text{В}) - (\text{П} \times \text{К}_M \times \text{К}_P)}{\text{К}_U}$$

$$(\text{У} \times \text{В}) - (\text{П} \times \text{К}_M \times \text{К}_P) = \text{Д.д.в. K}_2\text{O} \times \text{К}_U$$

$$\text{Х} = \text{Д.д.в. K}_2\text{O} \times \text{К}_U + (\text{П} \times \text{К}_M \times \text{К}_P) = (64 \times 0,3418) + (121,4 \times 27,5 \times 0,9822) = 349,78$$

$$(\text{У} \times \text{В}) = 349,78$$

$$\text{Уз.м.} = 349,78 / 3,62 = 96,62 \text{ т/га}$$

$$\text{Укл.} = 349,78 / 4,26 = 82,10 \text{ т/га}$$

$$\sum = 178,72 / 2 = 89,36 - \text{урожайность фитомассы (надземная масса + клубни) т/га}$$

Доля клубней в урожае 0,57

$$\text{У клубней} = 89,36 \times 0,57 = 50,94 \text{ т/га}$$

$$\text{У зел.массы} = 89,36 - 50,94 = 38,42 \text{ т/га}$$

Таким образом, при указанных выше показателях внесение  $\text{N}_{64}\text{P}_{64}\text{K}_{64}$  обеспечит урожайность (У):

По азоту (N): зеленой массы – 38,14 т/га

клубней – 50,5 т/га

всего фитомассы – 88,64 т/га

По фосфору ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ): зеленой массы – 29,29 т/га

клубней – 37,49 т/га

всего фитомассы – 65,78 т/га

По калию ( $\text{K}_2\text{O}$ ): зеленой массы – 38,42 т/га

клубней – 50,94 т/га

всего фитомассы – 89,36 т/га

Примечание:

1. Самая низкая урожайность получена по  $\text{P}_2\text{O}_5$  потому, что фосфор слабо используется из почвы и удобрения: Кп – 2,73% (0,0273), Ку – 6,07% (0,0607).

2. Урожайность, которую можно получить при внесении  $\text{N}_{64}\text{P}_{64}\text{K}_{64}$  указана в главе 2 диссертации, раздел 2.4. «Технология топинамбура в опытных посадках».

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Фазы развития растений топинамбура

Таблица Б 1 – Фазы развития растений топинамбура, 2021 год

Подкормки (В)	Вид удобрения (А)	Повторение																	
		I				II				III				IV					
		Даты		Даты		Даты		Даты		Даты		Даты		Даты		Даты			
всходы	бутонизация	цветение	отцветение	всходы	бутонизация	цветение	отцветение	всходы	бутонизация	цветение	отцветение	всходы	бутонизация	цветение	отцветение	всходы	бутонизация	цветение	отцветение
B <sub>1</sub>	Вода (контроль)	22.05	29.07	14.08	15.09	22.05	29.07	15.08	16.09	21.05	30.07	15.08	15.09	21.05	29.07	14.08	16.09		
	Акварин 3	21.05	28.07	13.08	14.09	22.05	28.07	12.08	13.09	22.05	27.07	12.08	13.09	21.05	27.07	13.08	14.09		
	Акварин 5	21.05	27.07	12.08	13.09	21.05	27.07	12.08	12.09	21.05	27.07	11.08	12.09	22.05	26.07	13.08	13.09		
	Фолирус Премиум	22.05	26.07	11.08	12.09	22.05	26.07	10.08	13.09	22.05	26.07	11.08	13.09	22.05	25.07	10.08	12.09		
	Гумат +7	21.05	27.07	10.08	12.09	21.05	26.07	11.08	13.09	22.05	25.07	09.08	13.09	21.05	26.07	10.08	11.09		
B <sub>2</sub>	Вода (контроль)	21.05	30.07	15.08	15.09	22.05	29.07	16.08	14.09	21.05	30.07	14.08	14.09	21.05	29.07	15.08	13.09		
	Акварин 3	22.05	27.07	12.08	13.09	21.05	27.07	11.08	12.09	21.05	28.07	10.08	12.09	22.05	28.07	12.08	13.09		
	Акварин 5	22.05	27.07	11.08	12.09	22.05	26.07	10.08	13.09	22.05	27.07	11.08	13.09	22.05	26.07	10.08	12.09		
	Фолирус Премиум	22.05	26.07	10.08	11.09	21.05	25.07	11.08	12.09	22.05	25.07	09.08	10.09	21.05	24.07	10.08	11.09		
	Гумат +7	21.05	26.07	11.08	10.09	22.05	24.07	10.08	12.09	21.05	24.07	09.08	11.09	22.05	25.07	11.08	12.09		

Таблица Б 2 – Фазы развития растений топинамбура, 2022 год

Подкормки (B)	Вид удобрения (A)	Даты			
		всходы	бутонизация	цветение	отцветение
B <sub>1</sub>	Вода (контроль)	02.06.2022	23.07.2022	12.08.2022	15.09.2022
	Акварин 3	03.06.2022	22.07.2022	11.08.2022	16.09.2022
	Акварин 5	02.06.2022	22.07.2022	11.08.2022	14.09.2022
	Фолирус Премиум	01.06.2022	21.07.2022	09.08.2022	15.09.2022
	Гумат +7	02.06.2022	20.07.2022	10.08.2022	15.09.2022
	Геосил-1	03.06.2022	20.07.2022	11.08.2022	16.09.2022
	Этоксисилатран	01.06.2022	22.07.2022	12.08.2022	15.09.2022
	Герматронол	03.06.2022	21.07.2022	10.08.2022	14.09.2022
B <sub>2</sub>	Вода (контроль)	02.06.2022	24.07.2022	12.08.2022	15.09.2022
	Акварин 3	03.06.2022	21.07.2022	11.08.2022	15.09.2022
	Акварин 5	03.06.2022	20.07.2022	11.08.2022	15.09.2022
	Фолирус Премиум	03.06.2022	19.07.2022	10.08.2022	16.09.2022
	Гумат +7	01.06.2022	18.07.2022	09.08.2022	15.09.2022
	Геосил-1	02.06.2022	20.07.2022	10.08.2022	14.09.2022
	Этоксисилатран	03.06.2022	21.07.2022	11.08.2022	16.09.2022
	Герматронол	02.06.2022	20.07.2022	10.08.2022	15.09.2022

Таблица Б 3 – Фазы развития растений топинамбура, 2023 год

Подкормки (B)	Вид удобрения (A)	Даты			
		всходы	бутонизация	цветение	отцветение
B <sub>1</sub>	Вода (контроль)	27.05.2023	26.07.2022	17.08.2022	13.09.2022
	Акварин 3	26.05.2023	25.07.2022	15.08.2022	14.09.2022
	Акварин 5	26.05.2023	24.07.2022	16.08.2022	14.09.2022
	Фолирус Премиум	27.05.2023	25.07.2022	14.08.2022	15.09.2022
	Гумат +7	26.05.2023	26.07.2022	15.08.2022	15.09.2022
	Геосил-1	26.05.2023	26.07.2022	16.08.2022	13.09.2022
	Этоксисилатран	27.05.2023	24.07.2022	17.08.2022	15.09.2022
	Герматронол	26.05.2023	25.07.2022	16.08.2022	14.09.2022
B <sub>2</sub>	Вода (контроль)	27.05.2023	27.07.2022	17.08.2022	13.09.2022
	Акварин 3	26.05.2023	25.07.2022	15.08.2022	15.09.2022
	Акварин 5	27.05.2023	26.07.2022	16.08.2022	14.09.2022
	Фолирус Премиум	26.05.2023	24.07.2022	15.08.2022	16.09.2022
	Гумат +7	27.05.2023	24.07.2022	14.08.2022	15.09.2022

## ПРИЛОЖЕНИЕ В – Фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура

Таблица В 1 – Фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура (ФПП), тыс.м<sup>2</sup> х сутки/га, 2021 г.

Кол-во подкормок (В)	Вид удобрения (А)	Даты определения			$\Sigma$ ФПП
		22.05. – 06.07.21	06.07 – 11.08.21	11.08. – 04.09.21	
		46 дней	35 дней	24 дня	
<b>B<sub>1</sub></b>	Вода (контроль)	133,4	362,25	524,4	<b>1020</b>
	Акварин 3	151,8	582,75	872,4	<b>1607</b>
	Акварин 5	135,7	512,75	603,6	<b>1252</b>
	Фолирус Премиум	197,8	647,5	904,8	<b>1750</b>
	Гумат +7	131,1	348,25	687,6	<b>1167</b>
<b>В среднем по А</b>		<b>150,0</b>	<b>490,7</b>	<b>718,6</b>	<b>1359,2</b>
<b>B<sub>2</sub></b>	Вода (контроль)	85,7	189,0	302,4	<b>577</b>
	Акварин 3	126,5	371,1	674,4	<b>1172</b>
	Акварин 5	149,5	320,25	706,8	<b>1177</b>
	Фолирус Премиум	161,0	295,75	592,8	<b>1049,6</b>
	Гумат +7	207,0	399,0	762,0	<b>1368</b>
<b>В среднем по А</b>		<b>145,9</b>	<b>315,0</b>	<b>607,7</b>	<b>1068,6</b>

Таблица В 2 – Фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура (ФПП),  
тыс.м<sup>2</sup> х сутки/га, 2022 г.

Кол-во подкормок (В)	Вид удобрения (А)	Даты определения				При уборке 30.08 – 01.10	Σ ФПП
		01.06. – 22.06	22.06 – 13.07	13.07. – 03.08	03.08. – 30.08		
		21 день	21 день	21 день	28 дней		
B <sub>1</sub>	Вода (контроль)	38,2	164,9	258,1	504,4	550,1	<b>1515,7</b>
	Акварин 3	41,8	151,3	333,6	791,1	869,3	<b>2187,1</b>
	Акварин 5	34,9	199,8	434,8	504,0	530,7	<b>1704,2</b>
	Фолирус Премиум	41,1	206,2	379,7	810,1	886,5	<b>2323,6</b>
	Гумат +7	41,3	165,8	426,2	616,6	660,0	<b>1909,9</b>
	ГНК	47,1	171,8	388,6	928,3	1020,3	<b>2556,1</b>
	Этоксисилатран	48,2	162,1	364,2	626,0	677,4	<b>1877,9</b>
	Герматронол	32,4	182,2	312,4	723,1	794,2	<b>2044,3</b>
<b>В среднем по А</b>		<b>40,6</b>	<b>175,5</b>	<b>362,2</b>	<b>687,9</b>	<b>748,6</b>	<b>2014,8</b>
B <sub>2</sub>	Вода (контроль)	38,2	96,1	314,3	434,1	462,9	<b>1345,6</b>
	Акварин 3	41,8	151,8	627,7	878,7	937,4	<b>2637,4</b>
	Акварин 5	34,9	134,3	426,4	524,8	554,7	<b>1675,1</b>
	Фолирус Премиум	41,1	174,5	540,7	882,1	951,0	<b>2589,4</b>
	Гумат +7	41,3	155,4	484,5	687,5	734,5	<b>2103,2</b>
	ГНК	47,1	157,3	559,8	924,5	997,3	<b>2686,0</b>
	Этоксисилатран	48,2	131,9	529,9	612,7	643,8	<b>1966,5</b>
	Герматронол	32,4	115,6	481,3	771,8	830,9	<b>2232,0</b>
<b>В среднем по А</b>		<b>40,6</b>	<b>139,6</b>	<b>495,5</b>	<b>714,5</b>	<b>764,1</b>	<b>2154,3</b>

Таблица В 3 – Фотосинтетический потенциал агроценоза топинамбура (ФПП),  
тыс.м<sup>2</sup> х сутки/га, 2023 г.

Кол-во подкормок (В)	Вид удобрения (А)	Даты определения				При уборке 06.09 – 07.10	Σ ФПП
		27.05. – 26.06	26.06 – 15.07	15.07. – 09.08	09.08. – 06.09		
		31 день	19 дней	25 дней	28 дней		
B <sub>1</sub>	Вода (контроль)	67,76	137,7	451,9	962,8	662,4	<b>2282,6</b>
	Акварин 3	66,53	128,72	404,8	1507,1	1310	<b>3417,2</b>
	Акварин 5	78,59	142,27	411,1	1717	1544,8	<b>3893,8</b>
	Фолирус Премиум	69,15	143,89	441,8	964,9	686,1	<b>2305,8</b>
	Гумат +7	62,13	138,37	439,8	886,1	599,3	<b>2125,7</b>
	ГНК	65,17	138,11	392,5	863,9	629,9	<b>2089,6</b>
	Этоксисилатран	75,47	167,03	627,4	1552,6	1138,1	<b>3560,6</b>
	Герматронол	79,19	228,04	909,8	1767,7	1121,9	<b>4106,6</b>
<b>В среднем по А</b>		<b>70,49</b>	<b>153,01</b>	<b>509,9</b>	<b>1277,8</b>	<b>961,5</b>	<b>2972,7</b>
B <sub>2</sub>	Вода (контроль)	72,91	147,1	603,5	1278,3	834	<b>2935,8</b>
	Акварин 3	68,75	150,79	712,5	1510,8	966,4	<b>3409,2</b>
	Акварин 5	67,76	143,15	517,2	1468,1	1149,9	<b>3346,1</b>
	Фолирус Премиум	66,53	166,45	703,1	1576,6	1078,6	<b>3591,3</b>
	Гумат +7	78,59	177,89	604,6	1302,1	903,6	<b>3066,8</b>
<b>В среднем по А</b>		<b>70,908</b>	<b>157,076</b>	<b>628,18</b>	<b>1427,18</b>	<b>986,5</b>	<b>3269,8</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Многофакторный дисперсионный анализ

Таблица Г 1 – Данные анализа по клубням, 2021 год

## МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Клубни – 2021 год

Исходные данные:

	1	2	3	4
1	223.000	229.000	245.000	278.000
2	374.000	412.000	323.000	323.000
3	342.000	324.000	356.000	373.000
4	246.000	290.000	285.000	287.000
5	289.000	296.000	319.000	363.000
6	225.000	229.000	288.000	257.000
7	353.000	350.000	363.000	325.000
8	297.000	313.000	307.000	332.000
9	357.000	359.000	345.000	397.000
10	428.000	405.000	400.000	470.000

Уровни факторов:

В	5
А	2
П	4

Размещение вариантов – метод организованных повторений

Источник :	Сумма	Число :	Средний	:	F-значение	:
Различия :						
вариации : квадратов : степ. : квадрат :-----						
:существ (+) :						
:		: своб. :		: фактическ. :	0.05	
:несущес (-) :						
-----						
В	72686.4000	4	18171.6000	27.260	2.730	+
А	9703.2250	1	9703.2250	14.556	4.210	+
ВА	32317.9000	4	8079.4750	12.120	2.730	+
П	3955.8750	3	1318.6250	1.978	2.960	-
-----						
Остаточ.	17998.3800	27	666.6065			
-----						
Общая	136661.8000	39				
-----						
Общее среднее -				324.425		
Средние по вариантам:						
243.750	358.000	348.750	277.000	316.750		
249.750	347.750	312.250	364.500	425.750		
Средняя ошибка среднего -				12.909		
Относительная ошибка среднего, % -				3.979		
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :						
для частных различий -				37.4589		
для фактора В -				16.7521		
для фактора А -				26.4874		
для взаимодействия АВ -				26.4874		

Таблица Г 2 – Данные анализа по надземной части растений, 2021 год

## МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Надземная часть растений – 2021 год

Исходные данные:

	1	2	3	4
1	94.000	114.000	160.000	159.000
2	198.000	206.000	213.000	204.000
3	231.000	228.000	209.000	244.000
4	159.000	195.000	236.000	174.000
5	232.000	215.000	240.000	255.000
6	108.000	88.000	112.000	131.000
7	160.000	159.000	204.000	217.000
8	185.000	197.000	205.000	205.000
9	170.000	199.000	147.000	164.000
10	269.000	269.000	241.000	223.000

Уровни факторов:

В	5
А	2
П	4

Размещение вариантов – метод организованных повторений

Источник :	Сумма	:	Число :	Средний	:	F-значение	:
Различия :							
вариации :	квадратов	:	степ.	:	квадрат	:	-----
:существ (+) :							
:							
:своб.							
:несущес (-) :							

В	65991.6000	4	16497.9000	34.157	2.730	+
А	2449.2250	1	2449.2250	5.071	4.210	+
ВА	2470.9000	4	617.7250	1.279	2.730	-
П	1991.0750	3	663.6917	1.374	2.960	-

Остаточ.	13041.1700	27	483.0065			
----------	------------	----	----------	--	--	--

Общая	85943.9800	39				
-------	------------	----	--	--	--	--

Общее среднее -	190.475					
-----------------	---------	--	--	--	--	--

Средние по вариантам:						
-----------------------	--	--	--	--	--	--

131.750	205.250	228.000	191.000	235.500		
109.750	185.000	198.000	170.000	250.500		

Средняя ошибка среднего -	10.989					
---------------------------	--------	--	--	--	--	--

Относительная ошибка среднего, % -	5.769					
------------------------------------	-------	--	--	--	--	--

Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :						
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--

для частных различий -	31.8857					
------------------------	---------	--	--	--	--	--

для фактора В -	14.2597					
-----------------	---------	--	--	--	--	--

для фактора А -	22.5466					
-----------------	---------	--	--	--	--	--

для взаимодействия АВ -	22.5466					
-------------------------	---------	--	--	--	--	--

Таблица Г 3 – Данные анализа по надземной части растений, 2022 год

## МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Топинамбур (надземная часть растений) 2022

Исходные данные:

	1	2	3	4
1	552.000	571.000	552.000	533.000
2	780.000	790.000	757.000	724.000
3	633.000	619.000	633.000	647.000
4	639.000	666.000	643.000	609.000
5	571.000	590.000	571.000	552.000
6	576.000	571.000	576.000	581.000
7	471.000	486.000	471.000	457.000
8	609.000	571.000	609.000	647.000
9	560.000	538.000	544.000	553.000
10	581.000	514.000	581.000	647.000
11	581.000	590.000	581.000	571.000
12	704.000	724.000	705.000	685.000
13	643.000	666.000	643.000	619.000
14	619.000	724.000	709.000	695.000
15	467.000	533.000	524.000	571.000
16	700.000	638.000	600.000	562.000

### Уровни факторов:

A	8
B	2
Π	4

## Размещение вариантов - метод организованных повторений

Источник :	Сумма	Число :	Средний	F-значение :	
Различия :					
вариации :	квадратов	степ. :	квадрат		-----
:существ (+) :					
:		: своб. :		: фактическ.:	0.05
:несущес (-) :					

A	194331.5000	7	27761.6400	29.463	2.220	+
B	1550.3910	1	1550.3910	1.645	4.050	-
AB	119545.7000	7	17077.9600	18.125	2.220	+
$\Pi$	654.7969	3	218.2656	.232	2.810	-

Остаточ. 42400,9300 45 942,2429

06豫B 358483 3000 63

Общее среднее – 606.703

### Средние по вариантам:

552.000	762.750	633.000	639.250	571.000
576.000	471.250	609.000	548.750	580.750
580.750	704.500	642.750	686.750	523.750
625.000				

Средняя ошибка среднего – 15.348

Относительная ошибка среднего, % - 2.530

Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :

для частных различий - 43.8686

для фактора A - 15.5099

для фактора В - 31.0198

для взаимодействия ВА - 31.0198

Таблица Г 4 – Данные анализа по клубням, 2022 год

## МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

## Топинамбур клубни 2022

Уровни факторов:

A	8
B	2
Π	4

Размещение вариантов - метод организованных повторений

Источник :	Сумма	Число :	Средний	Ф-значение :	
Различия :					
вариации :	квадратов	степ. :	квадрат	:	-----
:существ (+) :					
:					
:несущес (-) :					
		своб. :		:фактическ.:	0.05

A	230647.4000	7	32949.6300	42.916	2.220	+
B	124962.3000	1	124962.3000	162.762	4.050	+
AB	148669.3000	7	21238.4600	27.663	2.220	+
Π	96.6875	3	32.2292	.042	2.810	-

Остаточ. 34549.3100 45 767.7625

Общая 538924.9000 63

Общее среднее = 709,219

### Средние по вариантам:

727.250	876.250	794.750	867.000	777.250
578.750	659.500	746.500	642.500	773.000
652.750	636.250	681.250	715.500	575.000
644.000				

Средняя ошибка среднего – 13.854

Относительная ошибка среднего, % - 1.953

Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :

для частных различий - 39.5992

для фактора  $A$  – 14.0004

для фактора  $B = 28.0009$

для взаимодействия ВА - 28.0009

Таблица Г 5 – Данные анализа по надземной части растений, 2023 год

## МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Надземная часть растений - 2023 год

Исходные данные:

	1	2	3	4
1	333.000	357.000	467.000	424.000
2	481.000	452.000	471.000	486.000
3	643.000	685.000	671.000	662.000
4	619.000	633.000	647.000	614.000
5	481.000	566.000	576.000	524.000
6	428.000	471.000	395.000	452.000
7	576.000	590.000	643.000	647.000
8	595.000	643.000	581.000	671.000
9	524.000	595.000	666.000	662.000
10	595.000	662.000	681.000	655.000

### Уровни факторов:

B 5  
A 2  
Π 4

Размещение вариантов - метод организованных повторений

Источник :	Сумма	Число :	Средний	F-значение :	
Различия :	вариации :	квадратов	степ. :	квадрат	-----
:существ (+) :					
: несущес (-) :					
		: своб. :		: фактическ. :	0.05

B	261566.3000	4	65391.5900	56.964	2.730	+
A	22090.0000	1	22090.0000	19.243	4.210	+
BA	50421.7500	4	12605.4400	10.981	2.730	+
Π	18271.0000	3	6090.3330	5.305	2.960	+

Остаточ. 30994,4900 27 1147,9440

063343 6000 39

Общее среднее = 563,100

### Средние по вариантам:

395.250	472.500	665.250	628.250	536.750
436.500	614.000	622.500	611.750	648.250

Средняя ошибка среднего = 16.941

Относительная ошибка среднего, % - 3.008

Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :

для частных различий — 49,1564

для фактора  $B = 21.9834$

для фактора А — 34,7589

для взаимодействия АВ = 34,7589

Таблица Г 6 – Данные анализа по клубням, 2023 год

## МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Клубни – 2023 год

Исходные данные:

	1	2	3	4
1	443.000	467.000	452.000	409.000
2	747.000	690.000	724.000	766.000
3	881.000	852.000	862.000	828.000
4	957.000	938.000	923.000	919.000
5	719.000	705.000	757.000	766.000
6	595.000	566.000	576.000	581.000
7	981.000	909.000	862.000	957.000
8	966.000	852.000	885.000	919.000
9	1233.000	1062.000	1181.000	1128.000
10	1238.000	1219.000	1195.000	1166.000

### Уровни факторов:

B 5  
A 2  
Π 4

Размещение вариантов - метод организованных повторений

Источник :	Сумма	Число :	Средний	F-значение :	
Различия :	вариации :	квадратов	степ. :	квадрат	-----
:существ (+) :					
: несущес (-) :					
		: своб. :		: фактическ. :	0.05

B	1342409.0000	4	335602.3000	286.107	2.730	+
A	454968.9000	1	454968.9000	387.869	4.210	+
BA	195364.1000	4	48841.0200	41.638	2.730	+
Π	13196.6000	3	4398.8670	3.750	2.960	+

Остаток 31670 9000 27 1172 9960

06шаб 2037610 0000 39

Общее среднее = 846 900

### Средние по вариантам:

442.750 731.750 855.750 934.250 736.750  
 579.500 927.250 905.500 1151.000 1204.500

Средняя ошибка среднего = 17.125

Относительная ошибка среднего, % = 2.022

и С.Р. (уровень значимости  $\equiv 0.05$ ) :

49 6899

для фактора В - 22-2220

для фактора А — 35,1361

для взаимодействия АВ – 35.1361

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях



Акт внедрения

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях \*

Заказчик ООО «ВИВА» в лице директора Баранова В.В. настоящим актом подтверждает, что результаты работы Влияние некорневых подкормок комплексными удобрениями на продуктивность топинамбура в условиях Центрального Нечерноземья РФ.  
(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной ФГБОУ ВО Тверская государственная сельскохозяйственная академия  
(наименование вуза, НИИ, КБ)

Стоимостью 2919 тыс. руб (Два миллиона девятьсот девяностадцать) тыс. руб.  
(шифрами и прописью)

выполненной в 2021-2023гг.  
(сроки выполнения)

внедрены ООО Вива  
(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных результатов Выращивание топинамбура сорта Скороспелка в варианте с одной некорневой подкормкой комплексным удобрением Акварин 5.

(эксплуатация изделия, работы, технологии); производство (изделия, работы, технологии), функционирование (систем)

2. Характеристика масштаба внедрения массовое  
(独一无二ное, единичное, партия, массовое, серийное)

3. Форма внедрения: Рекомендации и консультации при внедрении  
Методика (метод) Полевые испытания

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ: Возделывание сорта Скороспелка в варианте с однократной некорневой подкормкой комплексным удобрением Акварин 5.  
(пioneerские, принципиально новые, качественно новые, модификации, модернизации старых разработок)

5. Опытно промышленная проверка  
(указать номер и дату актов испытания, наименование предприятия, период)

6. Внедрены в \_\_\_\_\_

- в промышленное производство в процесс  
(участок, цех (цеха), процесс)

- в проектные работы \_\_\_\_\_  
(указать объект, предприятие)

7. Годовой экономический эффект \_\_\_\_\_

ожидаемый 215 тыс.руб.

фактический 225,12 тыс.руб.

в том числе долевое участие - 100% заказчику (225,12 тыс. руб.)

(процент, цифрами и прописью)

8. Объем внедрения 2 га

что составляет 100 процентов от объема внедрения, положенного в основу расчета гарантированного экономического эффекта, рассчитанного по окончании НИР (Общая урожайность – 53,6 т/га, прибавка 21%.  $\Delta Г_{\text{нр.}} = \text{прибавка урожая } 11,256 \text{ т} \times 2 \text{ га} \times 20 \text{ тыс.руб/т} = 225,12 \text{ тыс.руб.}$

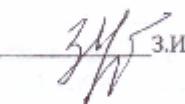
9. Социальный и научно-технический эффект получение больших урожаев высокого качества.

(охрана окружающей среды, недр; улучшение и оздоровление условий труда, совершенствование структуры управления, научно-технических направлений, специальные назначения и т.д.)

**Примечание:** настоящий акт внедрения заверяется гербовой печатью со стороны Заказчика и со стороны Исполнителя.

От вуза

Научный руководитель темы

  
З.И. Усанова

От заказчика

Ответственный за внедрение

