

УДК 634.723.1:631.527(571.56)

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-257-3-17-23

Т.В. Заболоцкая, А.В. Штауфен,
А.В. Гончарова, А.М. Филякин
T.V. Zabolotskaya, A.V. Staufen,
A.V. Goncharova, A.M. Filyakin

ОЦЕНКА МОДИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОБНО-АУКСИНОВОГО СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ

EVALUATION OF CHEMICAL COMPOSITION MODIFICATION OF GARDEN STRAWBERRY FRUITS WHEN USING MICROBIAL-AUXIN PLANT GROWTH PROMOTER

Ключевые слова: земляника садовая, стимуляторы роста растений, микробно-ауксиновый стимулятор, микробный стимулятор, ауксины.

Представлены результаты исследования влияния микробно-ауксинового стимулятора роста растений на примере земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) среднеспелого сорта Эльсанта. Исследование проводилось на территории частного садового владения Московской области. Растения были разделены на 4 группы: 1-я группа – контроль (полив водой), 2-я группа – обработка ауксином (индол-3-масляной кислотой) в монорежиме, 3-я группа – обработка микробным консорциумом, основу которого составляет *Pseudomonas aureofaciens* и 4-я группа растений подвергалась обработке комплексным микробно-ауксиновым стимулятором. В работе применялись методы агротехнического анализа (фенологическое наблюдение, учет урожайности, морфометрические показатели плодов), методы биохимического анализа химического состава плодов (титриметрия, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), спектрофотометрия, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, тушение стабильного радикала DPPH и в FRAP-тесте). Полученные данные свидетельствуют об однозначном синергетическом эффекте от совместного применения ауксина и микробного консорциума, превосходящий действие каждого компонента в отдельности. Применение микробно-ауксинового стимулятора (МАС) оказало статистически значимое комплексное влияние на продуктивность и биохимический состав плодов земляники садовой сорта Эльсанта. Обработка комплексным препаратом вызывает направленную модификацию химического состава плодов земляники в сторону оптимизации сахарокислотного баланса и значительного повышения их биохимической и функциональной ценности за счет активации синтеза витаминов, фенольных соединений и улучшения минерального состава. Доказано, что применение МАС является эффективным агроприемом для управления качеством плодов земляники, позволяя одновременно повышать урожайность, улуч-

шать вкус и увеличивать содержание биоактивных соединений. Действие стимулятора носит системный характер, затрагивая различные стороны метаболизма растения, что подтверждается изменением широкого спектра анализируемых показателей.

Keywords: garden strawberry, plant growth promoter, microbial-auxin promoter, microbial promoter, auxins.

The research findings on the effect of a microbial-auxin plant growth promoter by the example of garden strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) of the mid-season variety “Elsanta” are discussed. The study was conducted in the territory of a private garden property in the Moscow Region; the plants were divided into four groups: 1st group - control (watering), 2nd group - treatment with auxin (indole-3-butyric acid) in monomode, 3rd group - treatment with a microbial consortium based on *Pseudomonas aureofaciens* and 4th group of plants treated with a complex microbial-auxin promoter. The methods of agro-technical analysis were used: phenological observation, yield accounting, morphometric indices of fruits; the methods of biochemical analysis of the chemical composition of fruits: titrimetry, high-performance liquid chromatography (HPLC), spectrophotometry, inductively coupled plasma mass spectrometry, quenching of the stable DPPH radical and in the FRAP test. The obtained data indicate a clear synergistic effect from the combined use of auxin and the microbial consortium which exceeds the individual effect of each component. The use of a microbial auxin promoter had a statistically significant complex effect on the productivity and biochemical composition of fruits of the garden strawberry variety “Elsanta”. Treatment with a complex preparation causes a targeted modification of the chemical composition of strawberry fruits towards optimizing the sugar-acid balance and significantly increasing their biochemical and functional value by activating the synthesis of vitamins, phenolic compounds and improving the mineral composition. The use of microbial auxin promoter proved to be an efficient agricultural technique for managing strawberry fruit quality allowing for simultaneous increases in yield, improved

flavor, and increased content of bioactive compounds. The effect of the promoter is systemic affecting various

aspects of plant metabolism confirmed by changes in a wide range of examined indices.

Заболоцкая Татьяна Витальевна, к.в.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: t_zabolockaya@mail.ru.

Штауфен Александра Витальевна, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: zabolockayaa@bk.ru.

Гончарова Анна Витальевна, д.в.н., доцент, зав. кафедрой ветеринарной хирургии, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: annatrukhan@mail.ru.

Филякин Алексей Михайлович, к.х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: polyphyschem@yandex.ru.

Zabolotskaya Tatyana Vitalevna, Cand. Vet. Sci., Assoc. Prof., Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation, e-mail: t_zabolockaya@mail.ru.

Staufen Aleksandra Vitalevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation, e-mail: zabolockayaa@bk.ru.

Goncharova Anna Vitalevna, Dr. Vet. Sci., Assoc. Prof., Head of Veterinary Surgery Dept., Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation, e-mail: annatrukhan@mail.ru.

Filyakin Aleksey Mikhaylovich, Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation, e-mail: polyphyschem@yandex.ru.

Введение

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) является одной из наиболее ценных ягодных культур, что обусловлено не только её вкусовыми качествами, но и высокой питательной и функциональной ценностью плодов. Ягоды земляники содержат широкий спектр биоактивных соединений: сахара (5,9-8,3%), органические кислоты (0,8-1,5%), витамин С (48,8-67,8 мг/100 г), антоцианы (51,5-90,0 мг/100 г), полифенолы и ряд макро- и микроэлементов [1, 2]. Этот комплекс определяет пользу для здоровья населения, включая антиоксидантную и противовоспалительную активность. Однако земляника характеризуется коротким сроком хранения и высокой чувствительностью к условиям выращивания, что ставит задачу поиска агротехнологических приёмов, позволяющих не только увеличить урожайность, но и целенаправленно улучшить биохимический состав ягод [3, 4].

Одним из перспективных направлений в современном садоводстве является применение регуляторов роста растений [5]. В контексте земляники особый интерес представляют ауксины. Будучи ключевым фитогормоном, индолил-3-уксусная кислота (ИУК) регулирует множество процессов роста и развития [5, 6]. Важной физиологической особенностью земляники как не-

климактерического растения является то, что ауксин, синтезируемый в семянках (настоящих плодах), действует как ингибитор созревания сочного цветоложа (ложной ягоды). Снижение эндогенного уровня ауксина служит сигналом к началу созревания [7]. Таким образом, экзогенное применение ауксинов может модулировать сроки и динамику созревания, потенциально влияя на накопление вторичных метаболитов. В садоводческой практике синтетические ауксины, такие как α -нафтилуксусная кислота, традиционно используются для предотвращения предуборочного опадения плодов, что косвенно свидетельствует об их влиянии на гормональный баланс и метаболизм многоорешка [1, 7].

В последние годы внимание исследователей смещается от применения чистых гормонов к комплексным биопрепаратам, сочетающим фитогормоны или их аналоги с полезными микроорганизмами (ризобактериями, стимулирующими рост растений, или грибами) [8]. Такие микробно-ауксиновые стимуляторы теоретически способны оказывать более сбалансированное и пролонгированное действие, улучшая минеральное питание растения, его стрессоустойчивость и, как следствие, качество урожая. Однако их влияние на тонкую биохимию плодов, особенно на состав нутриентов и биоактивных со-

единений у земляники садовой, изучено крайне недостаточно [7, 8].

К настоящему времени изучен базовый химический состав плодов земляники различных сортов и влияние на него агротехнических факторов, таких как режим орошения и минерального питания [1, 2]. Однако изыскания, посвящённые целенаправленному исследованию влияния именно комбинированных микробно-ауксиновых препаратов на качество плодов, носят единичный характер. Практически отсутствуют работы, в которых системно оценивалась бы модификация полного химического профиля ягод земляники (сахаро-кислотный баланс, содержание витаминов, полифенолов, пектиновых веществ) под действием таких биостимуляторов. Неясны механизм и направленность этого влияния: может ли обработка, с одной стороны, отсрочивать созревание через ауксиновый сигнал, с другой, – улучшить общее физиологическое состояние растения за счёт микробного компонента, привести к более интенсивному накоплению ценных соединений [8].

Целью работы является комплексная оценка влияния обработки микробно-ауксиновым стимулятором роста на качественный и количественный химический состав плодов земляники садовой. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**: изучить влияние препарата на основные показатели качества ягод – массу, содержание растворимых сухих веществ, титруемых кислот, сахаров; оценить модификацию витаминного состава (витамин С) и спектра фенольных соединений (антоцианы, катехины, лейкоантоцианы); проанализировать изменения в содержании макро- и микроэлементов в плодах; определить корреляционные связи между применением стимулятора и биохимическими показателями плодов, сформулировав практические рекомендации.

Объекты и методы

Исследование проводилось на базе частного садового владения Московской области, а также кафедры химии имени профессоров С.И. Афонского, А.Г. Малахова ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скрябина в период 2023-2025 гг. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемощный, с содержанием гумуса 4,8%, pH 6,2, содержанием подвижного фосфора и обменного калия 145 и 210 мг/кг почвы соответственно. Объект исследования – земляни-

ка садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) средне-спелого сорта Эльсанта, второго года плодоношения. Схема посадки – двухстрочная, 30×40 см. В качестве исследуемого фактора применялись: ауксин (индол-3-масляная кислота), микробный препарат, основу которого составляли *Pseudomonas aureofaciens*, обладающие ростостимулирующей и фунгицидной активностью, в титре 1×10^9 КОЕ/мл и микробно-ауксиновый стимулятор – комплексный препарат, основу которого составляет индол-3-масляная кислота 0,005% и консорциум *P. fluorescens* и *Bacillus subtilis*, общий титр 2×10^9 КОЕ/мл

Материалом для исследования служили свежесобранные плоды земляники в стадии полной потребительской (технической) зрелости, единообразные по размеру и окраске.

В работе применялись методы агротехнического анализа (фенологическое наблюдение, учет урожайности, морфометрические показатели плодов), методы биохимического анализа химического состава плодов (титриметрия, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), спектрофотометрия, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, тушение стабильного радикала DPPH и в FRAP-тесте). Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного обеспечения Statistika 10.0.

Экспериментальная часть

Схема эксперимента включала 4 варианта обработки растений в трехкратной повторности: 1) контрольная группа (обработка водой); 2) ауксин (обработка 3-индол-масляной кислотой); 3) микробный препарат (обработка суспензией) и 4) обработка растений микробно-ауксиновым стимулятором. Размещение делянок – рандомизированное, расход рабочей жидкости – 300 л/га. Каждая повторность представляла собой делянку площадью 10 м², содержащую не менее 50 продуктивных растений. Обработки проводились методом мелкодисперсного опрыскивания по листу в утренние часы в следующие фенофазы: первая обработка – фаза выдвигания и обособления цветоносов (конец апреля) и вторая обработка – фаза окончания массового цветения, начало образования завязей (середина мая). На протяжении всего периода эксперимента отмечалась динамика роста путем измерения длины цветоноса и площади листовой

пластинки (методом палетки) у 15 меченых растений на варианте (перед первой обработкой и через 14 дней после второй), а также продуктивность – при каждом сборе учитывались общая масса и количество товарных плодов с делянки. Рассчитывалась средняя масса ягоды (г) и урожайность (т/га).

Для биохимического анализа отбор плодов проводился в фазу полной потребительской зрелости (равномерная интенсивная окраска для сорта) в три срока сбора (июнь). С каждой делянки случайным образом с разных ярусов куста отбирались 0,5 кг стандартных ягод. Из средней пробы каждой повторности брали навеску 100 г. Плоды гомогенизировали с помощью измельчителя в присутствии жидкого азота для инактивации ферментов. Полученный порошок разделяли на три аликвоты: для анализа аскорбиновой кислоты и фенолов экстракция проводилась немедленно, для анализа сахаров и органических кислот порошок лиофильно сушили до постоянного веса, для анализа минерального состава образцы высушивали до воздушно-сухого состояния.

Содержание растворимых сухих веществ определяли рефрактометрически. Индивидуальные сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза) и органические кислоты (лимонная, яблочная, янтарная) количественно анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе «Миллихром-А-02» с колонкой ProntoSIL 100-3 C18 AQ и УФ-детектором. Титруемую кислотность определяли титрованием 0,1 н NaOH. Содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрически с 2,6-дихлорфенолиндофенолом натрия, а также для подтверждения методом ВЭЖХ. Суммарное со-

держание фенольных соединений определяли спектрофотометрически по методу Фолина-Чокальтеу; содержание антоцианов – рН-дифференциальным методом в пересчете на цианидин-3-глюкозид. Индивидуальный состав антоцианов и флавоноидов анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографией с масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС).

Антиоксидантную активность (АОА) оценивали двумя методами: по тушению стабильного радикала DPPH и в FRAP-тесте (восстановительная способность железа). Содержание макро- (К, Са, Mg, Р) и микроэлементов (Fe, Zn, Cu, Mn) определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборе Agilent 7700х после мокрого озоления проб.

Результаты исследований и их обсуждение

Обработка микробно-ауксиновым стимулятором (МАС) достоверно ($p \leq 0,05$) повысила как количественные, так и качественные параметры урожая по сравнению с контролем и вариантами с отдельным применением компонентов. Урожайность растений, обрабатываемых МАС, составила $18,7 \pm 0,4$ т/га, что на 24% выше, чем в контроле ($15,1 \pm 0,3$ т/га). При этом средняя масса ягоды увеличилась на 18%, достигнув $16,5 \pm 0,5$ г против $14,0 \pm 0,4$ г в контроле. Группы растений, обрабатываемых отдельно ауксином и микробным препаратом, показали промежуточные результаты (17,1 и 17,9 т/га соответственно), что свидетельствует о синергетическом эффекте комплексного препарата.

Данные ВЭЖХ-анализа показали направленное изменение профиля первичных метаболитов (табл. 1).

Таблица 1
Влияние обработок на содержание сахаров и органических кислот в плодах земляники садовой, мг/г сухой массы ($M \pm m$, $n=9$)

| Показатель | Контроль (КО) | Ауксин (АУК) | Микробный компонент (МИКР) | Микробно-ауксиновый стимулятор (МАС) |
|-----------------|--------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Сумма сахаров | $452,1 \pm 10,5^a$ | $478,3 \pm 8,7^b$ | $491,6 \pm 9,2^{bc}$ | $517,8 \pm 11,3^c$ |
| в т.ч. сахароза | $112,4 \pm 3,8^a$ | $125,6 \pm 4,1^b$ | $118,9 \pm 3,5^{ab}$ | $131,5 \pm 4,5^c$ |
| глюкоза | $185,2 \pm 6,1^a$ | $192,7 \pm 5,8^{ab}$ | $203,4 \pm 6,9^b$ | $215,3 \pm 7,2^c$ |
| фруктоза | $154,5 \pm 5,2^a$ | $160,0 \pm 4,9^{ab}$ | $169,3 \pm 5,5^b$ | $171,0 \pm 5,8^b$ |
| Сумма кислот | $32,8 \pm 1,1^a$ | $29,5 \pm 0,9^b$ | $31,2 \pm 1,0^{ab}$ | $28,1 \pm 0,8^b$ |
| в т.ч. лимонная | $19,5 \pm 0,7^a$ | $17,8 \pm 0,6^{ab}$ | $18,6 \pm 0,6^a$ | $16,9 \pm 0,5^b$ |
| яблочная | $10,2 \pm 0,4^a$ | $9,1 \pm 0,3^b$ | $9,8 \pm 0,3^{ab}$ | $8,7 \pm 0,3^b$ |
| Индекс зрелости | 13,8 | 16,2 | 15,8 | 18,4 |

Примечание. Индекс зрелости рассчитывался по формуле: сумма сахаров/сумма кислот. Буквенные индексы (а, б, с) указывают на достоверные различия между вариантами по критерию Тьюки ($p \leq 0,05$).

При анализе полученных данных становится очевидно, что вариант обработки растений микробно-ауксиновым стимулятором показал максимальное увеличение общего пула сахаров (+14,5%), особенно глюкозы и фруктозы. Это превосходило эффект отдельных обработок, что указывает на взаимное усиление действия микробного и гормонального компонентов. Также наблюдалось снижение содержания основных органических кислот (лимонной – на 13%, яблочной – на 15%), что, вероятно, связано с их усиленным использованием в дыхательном метаболизме. Индекс зрелости (сахарокислотный коэффициент) в варианте МАС вырос на 33% по сравнению с контролем, что коррелирует с улучшением органолептической оценки вкуса.

Обработка МАС привела к значительной активации вторичного метаболизма (табл. 2).

Анализируя полученные данные, можно утверждать, что вариант МАС обеспечил максимальный прирост по всем показателям: витами-

на С (+22,7%), суммарных фенолов (+29,4%), антоцианов (+24,9%). ВЭЖХ-МС анализ подтвердил увеличение доли отдельных флавоноидов, таких как кемпферол-3-глюкозид и кверцетин гликозиды.

Значения АОА, измеренные двумя независимыми методами, коррелировали ($r=0,92$) с содержанием фенолов и антоцианов, подтверждая, что МАС повышает общий антиоксидантный потенциал плодов земляники садовой.

Влияние способа обработки на аккумуляцию элементов и изменения в минеральном составе плодов представлены в таблице 3.

Достоверное увеличение содержания ключевых элементов (К, Са, Mg, Fe, Zn) наблюдалось только в вариантах, где присутствовал микробный компонент (МИКР и МАС). Это прямо указывает на его ведущую роль в улучшении минерального питания растений, вероятно, за счет мобилизации элементов из почвы.

Таблица 2

Содержание биологически активных соединений и антиоксидантная активность (АОА) плодов земляники садовой

| Показатель | Контроль (КО) | Ауксин (АУК) | Микробный компонент (МИКР) | Микробно-ауксиновый стимулятор (МАС) |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Аскорбиновая кислота, мг/100 г | 58,2±2,1 ^a | 62,5±2,3 ^{ab} | 65,8±2,4 ^b | 71,4±2,6 ^c |
| Сумма фенолов, мг GAE/г | 4,12±0,15 ^a | 4,45±0,16 ^{ab} | 4,70±0,17 ^b | 5,33±0,19 ^c |
| Антоцианы, мг CGE/100 г | 28,5±1,0 ^a | 31,8±1,1 ^b | 30,2±1,1 ^{ab} | 35,6±1,3 ^c |
| АОА (DPPH), мкмоль TE/г | 35,8±1,3 ^a | 39,2±1,4 ^b | 41,5±1,5 ^{bc} | 46,7±1,7 ^c |
| АОА (FRAP), мкмоль TE/г | 42,1±1,5 ^a | 45,9±1,7 ^{ab} | 48,3±1,8 ^b | 53,0±1,9 ^c |

Примечание. GAE – галловая кислота эквивалент; CGE – цианидин-3-глюкозид эквивалент; TE – тролокс эквивалент. Буквенные индексы (a, b, c) указывают на достоверные различия между вариантами по критерию Тьюки ($p \leq 0,05$).

Таблица 3

Содержание макро- и микроэлементов в плодах земляники садовой, мг/кг сухой массы

| Элемент | Контроль (КО) | Ауксин (АУК) | Микробный компонент (МИКР) | Микробно-ауксиновый стимулятор (МАС) |
|--------------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| К (калий) | 18500±650 ^a | 19100±680 ^a | 21500±750 ^b | 22200±780 ^b |
| Са (кальций) | 1250±45 ^a | 1280±46 ^a | 1410±50 ^b | 1450±51 ^b |
| Mg (магний) | 850±30 ^a | 870±31 ^a | 950±33 ^b | 980±34 ^b |
| Fe (железо) | 35,2±1,2 ^a | 36,5±1,3 ^a | 42,8±1,5 ^b | 44,1±1,5 ^b |
| Zn (цинк) | 12,5±0,4 ^a | 13,0±0,5 ^a | 14,8±0,5 ^b | 15,2±0,5 ^b |

Примечание. Буквенные индексы (a, b, c) указывают на достоверные различия между вариантами по критерию Тьюки ($p \leq 0,05$).

Заключение

Результаты наших исследований позволили установить синергетический эффект от совместного применения ауксина и микробного консорциума, превосходящий действие каждого компонента в отдельности. Ауксин как регулятор роста, вероятно, модулировал распределение

фотосинтатов и направил поток ассимилятов в формирующиеся плоды. В то же время ризобактерии (*Pseudomonas* и *Bacillus*), входящие в состав МАС, улучшили фосфорно-калийное питание и азотный обмен растения, а также могли продуцировать небольшое количество фитогормонов и салициловой кислоты, повышающей

общую устойчивость растения. Это комплексное улучшение физиологического статуса растения стало основой для более интенсивного накопления как первичных (сахара), так и вторичных (фенолы, витамины) метаболитов в плодах.

Рост содержания сахаров и снижение кислот в варианте МАС согласуется с гипотезой о том, что обработка могла влиять на сроки и динамику созревания. Для неклимактерических плодов земляники снижение уровня ауксина является сигналом к началу созревания. Возможно, экзогенное применение ауксина в составе МАС на ранних этапах (фаза цветения) привело к более интенсивному первоначальному росту завязи, а последующее естественное снижение его концентрации инициировало активный процесс созревания с эффективной биосинтетической активностью. Улучшенное минеральное питание (особенно калием) также способствовало транспорту и накоплению сахаров.

Увеличение концентрации аскорбиновой кислоты и фенольных соединений можно трактовать как следствие умеренного эустресса, вызванного применением биостимулятора. Микробный компонент, активируя системную приобретенную резистентность (SAR) растения, мог запускать защитные синтезы, в том числе и накопление антиоксидантов в плодах.

Данные изменения минерального состава плодов земляники садовой однозначно свидетельствуют, что повышение содержания минеральных элементов – заслуга исключительно микробного компонента. Полезные бактерии способны растворять фосфаты, продуцировать сидерофоры для хелатирования железа и повышать доступность других элементов в ризосфере. Это привело к их повышенной аккумуляции в плодах, что дополнительно увеличивает их пищевую ценность.

Выводы

1. Применение микробно-ауксинового стимулятора является эффективным агроприемом для управления качеством плодов земляники, позволяя одновременно повышать урожайность, улучшать вкус и увеличивать содержание биоактивных соединений.

2. Действие стимулятора носит системный характер, затрагивая различные стороны метаболизма растения, что подтверждается изменением широкого спектра анализируемых показателей.

3. Наибольший эффект достигается именно при совместном применении ауксина и микробного консорциума, что подтверждает целесообразность разработки и использования комплексных биопрепаратов нового поколения.

Библиографический список

1. Мурзина, О. Г. Биохимический состав плодов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в условиях Камчатского края / О. Г. Мурзина, Е. Н. Барсукова. – DOI 10.30906/1999-5636-2025-4-29-34. – Текст: непосредственный // Аграрная Россия. – 2025. – № 4. – С. 29-34.

2. Потешкина, А. А. Влияние концентрации сахарозы на рост и развитие регенерантов земляники садовой / А. А. Потешкина, В. А. Апарина, В. В. Пискарев. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-75-2-79-87. – Текст: непосредственный // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 2 (75). – С. 79-87.

3. Жбанова, Е. В. Биохимические показатели качества плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Центрально-Черноземного района / Е. В. Жбанова, И. В. Лукьянчук. – DOI 10.5281/zenodo.8271879. – Текст: непосредственный // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – № 2 (34). – С. 30-38.

4. Петрова, А. А. Эффективность применения биоорганических удобрений при выращивании земляники садовой / А. А. Петрова. – Текст: непосредственный // Молодежь и инновации: материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Чебоксары, 04 марта 2025 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2025. – С. 101-103.

5. Нечаева, В. С. Содержание тяжелых металлов в плодах земляники садовой / В. С. Нечаева. – Текст: непосредственный // Современные достижения биотехнологии: вектор на технологическое лидерство: материалы X Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 21-25 октября 2025 года. – Ставрополь: ООО «Бюро новостей», 2025. – С. 168-169.

6. Заболоцкая, Т. В. Фитотестирование минерально-биологического препарата «Глауксин» / Т. В. Заболоцкая, Н. А. Романчук. – Текст: непосредственный // Аграрная наука в обеспе-

чении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Луганск, 17 января – 08 февраля 2023 года. – Луганск: Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова, 2023. – С. 39-40.

7. Заболоцкая, Т. В. Обоснование применения глауконита в составе препарата Глауксин / Т. В. Заболоцкая, А. В. Штауфен, М. Ю. Волков. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов 2-й научно-практической конференции, Москва, 23 июня 2023 года / под общей редакцией С. В. Полябина, Л. А. Гнездиловой. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2023. – С. 411-412.

8. Заболоцкая, Т. В. Влияние минерально-биологического препарата Глауксин на содержание нитратов в листьях салата листового / Т. В. Заболоцкая, М. Ю. Волков, А. В. Штауфен. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов 2-й научно-практической конференции, Москва, 23 июня 2023 года / под общей редакцией С. В. Полябина, Л. А. Гнездиловой. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2023. – С. 412-413.

References

1. Murzina, O. G. Biokhimicheskiy sostav plodov zemlyaniki sadovoy (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) v usloviyakh Kamchatskogo kraya / O. G. Murzina, E. N. Barsukova // *Agrarnaya Rossiya*. – 2025. – No. 4. – S. 29-34. – DOI 10.30906/1999-5636-2025-4-29-34.

2. Poteshkina, A. A. Vliyaniye kontsentratsii sakharozy na rost i razvitiye regenerantov zemlyaniki sadovoy / A. A. Poteshkina, V. A. Aparina, V. V. Piskarev // *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*. – 2025. – No. 2 (75). – S. 79-87. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-75-2-79-87.

3. Zhanova, E. V. Biokhimicheskie pokazateli kachestva plodov perspektivnykh sortov i otbornykh form zemlyaniki v usloviyakh Tsentralno-Chernozemnogo rayona / E. V. Zhanova, I. V. Lukyan-

chuk // *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*. – 2023. – No. 2 (34). – S. 30-38. – DOI 10.5281/zenodo.8271879.

4. Petrova, A. A. Effektivnost primeneniya bioorganicheskikh udobreniy pri vyrashchivaniy zemlyaniki sadovoy / A. A. Petrova // *Molodezh i innovatsii: Materialy XXI Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov*, Cheboksary, 04 marta 2025 goda. – Cheboksary: Chuvashskiy GAU, 2025. – S. 101-103.

5. Nechaeva, V. S. Soderzhanie tyazhelykh metallov v plodakh zemlyaniki sadovoy / V. S. Nechaeva // *Sovremennye dostizheniya biotekhnologii: vektor na tekhnologicheskoe liderstvo: Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Stavropol, 21–25 oktyabrya 2025 goda. – Stavropol: OOO "Byuro novostey", 2025. – S. 168-169.

6. Zabolotskaya, T. V. Fitotestirovaniye mineralno-biologicheskogo preparata "Glauksin" / T. V. Zabolotskaya, N. A. Romanchuk // *Agrarnaya nauka v obespechenii prodovolstvennoy bezopasnosti i razvitiy selskikh territoriy: Sbornik materialov iv mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Lugansk, 17 yanvarya – 08 2023 goda. – Lugansk: Luganskiy GAU imeni K.E. Voroshilova, 2023. – S. 39-40.

7. Zabolotskaya, T. V. Obosnovaniye primeneniya glaukonita v sostave preparata Glauksin / T. V. Zabolotskaya, A. V. Shtaufen, M. Yu. Volkov // *Aktualnye problemy veterinarnoy meditsiny, zootehnii, biotekhnologii i ekspertizy syrya i produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya: Sbornik trudov 2-y Nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Moskva, 23 iyunya 2023 goda / pod obshchey redaktsiyey S.V. Pozyabina, L.A. Gnezdilovoy. – Moskva: Selskokhozyaystvennyye tekhnologii, 2023. – S. 411-412.

8. Zabolotskaya, T. V. Vliyaniye mineralno-biologicheskogo preparata Glauksin na sodержание nитратов v listyakh salata listovogo / T. V. Zabolotskaya, M. Yu. Volkov, A. V. Shtaufen // *Aktualnye problemy veterinarnoy meditsiny, zootehnii, biotekhnologii i ekspertizy syrya i produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya: Sbornik trudov 2-y Nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Moskva, 23 iyunya 2023 goda / pod obshchey redaktsiyey S.V. Pozyabina, L.A. Gnezdilovoy. – Moskva: Selskokhozyaystvennyye tekhnologii, 2023. – S. 412-413.

