



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2583>  
<https://elibrary.ru/GTPUFE>

Оригинальная статья  
<https://fppt.ru>

## Влияние препарата Юнигель Плантум на качество урожая листового салата


Ф. К. Арипова<sup>1,2</sup>, Е. П. Гончарова<sup>1</sup>, В. А. Рябинина<sup>3</sup> ,  
В. И. Коркина<sup>4</sup> , К. О. Плотников<sup>3</sup> , А. В. Корель<sup>1</sup> ,  
Г. А. Душанова<sup>5</sup> , Е. А. Литвинова<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет , Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный аграрный университет , Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> ООО «Фитодиагностика», Новосибирск, Россия

<sup>4</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск, Россия

<sup>5</sup> Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова , Самарканд, Узбекистан

Поступила в редакцию: 01.04.2025

Принята после рецензирования: 20.05.2025

Принята к публикации: 03.06.2025

\*Е. А. Литвинова: [e.litvinova@corp.nstu.ru](mailto:e.litvinova@corp.nstu.ru),

<https://orcid.org/0000-0001-6398-7154>

В. А. Рябинина: <https://orcid.org/0000-0002-5800-208X>

В. И. Коркина: <https://orcid.org/0000-0002-9472-5787>

К. О. Плотников: <https://orcid.org/0000-0001-9049-9156>

А. В. Корель: <https://orcid.org/0000-0002-2945-3658>

Г. А. Душанова: <https://orcid.org/0000-0003-0971-5160>

© Ф. К. Арипова, Е. П. Гончарова, В. А. Рябинина, В. И. Коркина, К. О. Плотников,  
А. В. Корель, Г. А. Душанова, Е. А. Литвинова, 2025



### Аннотация.

Тепличное земледелие – это инновационная модель сельского хозяйства и инструмент для достижения устойчивого производства овощной продукции. В современных тепличных комплексах с применением гидропоники овощи и салаты выращивают даже в регионах Крайнего Севера и на острове Сахалин. Для повышения качественных и количественных показателей зеленого салата необходимо разработать структуру аналога почвы при использовании технологии выращивания на субстрате минеральной ваты в условиях гидропоники. Биodeградируемый гель для стабилизации и пролонгированного эффекта внесенных органоминеральных комплексов в сочетании с почвенными микроорганизмами может быть оптимальным решением.

Объектом исследования выбран салат сорта Афицион, выращиваемый на системе гидропоники в тепличном комплексе «Сады Гиганта». Контрольную группу растений выращивали по принятой на комбинате технологии: четырехкратная листовая обработка комбинацией препаратов Экогель и Агроцен с периодичностью 1 раз в неделю при дозировке 0,5 и 0,15 % соответственно. Опытную группу растений выращивали на субстрате, в который однократно был внесен препарат Юнигель Плантум в дозировке 0,03 г на горшок. Массу листовых розеток салата без корневой системы контрольной и опытной групп определяли после срезки путем взвешивания на весах. Влажность листьев салата определяли высушиванием до постоянного веса. Качество листового салата оценивали по содержанию сухого вещества, сырого протеина и по аминокислотному составу.

Исследовано влияние препарата Юнигель Плантум на качественные и количественные показатели, такие как срок созревания, масса, развитие корневой системы, развитость корневых волосков, содержание влаги, белка и процент аминокислот салата сорта Афицион. Оценили эффект препарата с тремя разными концентрациями гуминовых и фульвовых кислот (препарат Берес-8) для выращивания салата на гидропонике в минеральной вате в условиях тепличного комплекса. Подобрана оптимальная концентрация гуминовых и фульвовых кислот в составе препарата для выращивания салата в системе гидропоники. Применение препарата Плантум\_12 повысило урожайность и скорость роста на 20 % благодаря обильно развитой корневой системе растений. Это позволило растению эффективно получать питательные вещества и привело к повышению количества незаменимых аминокислот в составе салата.

Таким образом, препарат Юнигель Плантум можно использовать в тепличных комплексах для повышения урожайности и улучшения потребительских качеств салата за счет увеличения его питательной ценности.

**Ключевые слова.** Листовой салат, биоудобрение, урожайность, аминокислотный состав, гидропоника

**Финансирование.** Работа была выполнена в рамках Соглашения о предоставлении гранта в форме субсидий из областного бюджета Новосибирской области в соответствии с п. 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса РФ от 26.10.2023 No 000000540699599823 5121722/No МЛ-3, заключенным между Министерством науки и инновационной политики Новосибирской области и НГТУ (проект Сиббионс).

**Для цитирования:** Арипова Ф. К., Гончарова Е. П., Рябинина В. А., Коркина В. И., Плотников К. О. и др. Влияние препарата Юнигель Плантум на качество урожая листового салата. Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 2. С. 429–438. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2583>

## Effect of Unigel Plantum on Lettuce Quality



Farida K. Aripova<sup>1,2</sup>, Elena P. Goncharova<sup>1</sup>, Valeriya A. Ryabinina<sup>3</sup>,  
Valentina I. Korkina<sup>4</sup>, Kirill O. Plotnikov<sup>3</sup>, Anastasya V. Korel<sup>1</sup>,  
Gavhar A. Dushanova<sup>5</sup>, Ekaterina A. Litvinova<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University<sup>ROR</sup>, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> Novosibirsk State Agrarian University<sup>ROR</sup>, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup> OOO Fitodiagnostika, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup> Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

<sup>5</sup> Samarkand State University<sup>ROR</sup>, Samarkand, Uzbekistan

Received: 01.04.2025

Revised: 20.05.2025

Accepted: 03.06.2025

\*Ekaterina A. Litvinova: [e.litvinova@corp.nstu.ru](mailto:e.litvinova@corp.nstu.ru),

<https://orcid.org/0000-0001-6398-7154>

Valeriya A. Ryabinina: <https://orcid.org/0000-0002-5800-208X>

Valentina I. Korkina: <https://orcid.org/0000-0002-9472-5787>

Kirill O. Plotnikov: <https://orcid.org/0000-0001-9049-9156>

Anastasya V. Korel: <https://orcid.org/0000-0002-2945-3658>

Gavhar A. Dushanova: <https://orcid.org/0000-0003-0971-5160>

© F.K. Aripova, E.P. Goncharova, V.A. Ryabinina, V.I. Korkina,  
K.O. Plotnikov, A.V. Korel, G.A. Dushanova, E.A. Litvinova, 2025



### Abstract.

Greenhouse farming is an innovative model of agriculture that promotes sustainable production. Advanced greenhouse complexes use hydroponics, which makes it possible to grow vegetables and salads as far north as in Russia's polar regions and on Sakhalin Island. To improve the yield and quality of lettuce, local farmers need an efficient mineral wool substrate and hydroponics. Biodegradable gels in combination with soil microorganisms are known to stabilize and prolong the effect of organic and mineral complexes.

The research featured Aficion green lettuce grown hydroponically in a greenhouse. The control plants were grown in line with the industrial technology, which involved a four-fold weekly foliar treatment with a combination of Ecogel and Agrocen at 0.5 and 0.15%, respectively. The experimental samples were grown on substrate treated with Yunigel Plantum at 0.03 g per pot. The weight of lettuce leaves without roots was determined after cutting; their moisture content was determined after drying to a constant weight. The quality of leaf lettuce was assessed by the content of solids (State Standard GOST 31640-2012), crude protein (GOST 13496.4-2019), and amino acids (M 04-87-2009).

The effect of Yunigel Plantum on quality and yield was evaluated by the ripening period, weight, root development, root hair development, moisture content, protein, and amino acids. The study also involved the effect of three different concentrations of humic and fulvic acids (Beres-8) to identify the optimal concentration.

Yunigel Plantum<sub>12</sub> increased the yield and growth rate by 20%: as it boosted the root development, the experimental lettuce absorbed nutrients and became rich in essential amino acids. Yunigel Plantum can be recommended for greenhouse lettuce farming since it proved able to increase the yield and improve the nutritional value of lettuce.

**Keywords.** Lettuce, biofertilizer, yield, amino acid, composition, hydroponics

**Funding.** The work was supported by the Government of the Novosibirsk Region (Article 78.1, 4 of the Budget Code of the Russian Federation, October 26, 2023, No. 000005406995998235121722/No. ML-3) as part of agreement between the Ministry of Science and Innovation Policy of the Novosibirsk Region and the Novosibirsk State Technical University (Project Sibbionots).

**For citation:** Aripova FK, Goncharova EP, Ryabinina VA, Korkina VI, Plotnikov KO, et al. Effect of Unigel Plantum on Lettuce Quality. Food Processing: Techniques and Technology. 2025;55(2):429–438. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2583>

### Введение

Рост населения мира и проблемы, с которыми сталкивается сектор производства продуктов питания, включая урбанизацию, сокращение пахотных земель и экстремальные климатические явления, требуют

инновационных решений для устойчивого развития сельского хозяйства. Развитие биологических наук и высоких технологий в области защищенных культур позволило в несколько раз увеличить урожайность и улучшить качество продукции. В настоящее

время овощи и салаты выращивают даже в регионах Крайнего Севера и на острове Сахалин в современных тепличных комплексах с использованием гидропоники. Данный способ применяется не только для производства овощных культур, но и для культивирования и ускорения развития сои в регионах с ограниченным периодом вегетации в открытом грунте [1]. Субстратные технологии позволяют получать значительный урожай с небольших площадей, по сравнению с классическими грунтовыми вариантами, которые имеют целый ряд ограничений, включая потребность в большом объеме субстрата, и высокий риск заражения грунта различными вредителями. В промышленных тепличных комплексах отдается предпочтение таким субстратам, как минеральная вата, торф и кокосовое волокно, обладающим высокой влагоудерживающей способностью, у которых отсутствуют токсичные соединения, семена сорных растений и патогенные микроорганизмы.

При оптимизации агротехнических процессов с целью повышения скорости роста посредством современных технологий важно сохранить качество и товарный вид продукта при транспортировке. Гидропонная технология обеспечивает возможность стандартизации состава питательных растворов, а многократное (от 5 до 50 раз в сутки) внесение последних способствует интенсивному росту и развитию растений. Однако в таких условиях полива субстраты не способны сохранить все важные компоненты (полезные микроорганизмы, гуминовые и фульвовые кислоты, хелатные комплексы и аминокислоты), которые обычно присутствуют в почве. Следовательно, для имитации почвенных условий в гидропонных системах необходима разработка носителя для субстрата, способного сохранять, стабилизировать и постепенно высвобождать полезные компоненты.

В Новосибирском государственном техническом университете, в рамках программы «Приоритет 2030», получены модифицированные соединения на основе хитозана – безопасные биогели, способные удерживать, транспортировать и отдавать разные полезные вещества. Разработана линейка многофункциональных гелей-носителей, эффективно сорбирующих различные действующие вещества и микроорганизмы, которые подбираются под конкретную задачу. В лаборатории университета проведено изучение динамики загрузки микроорганизмов в биогели и эффективности их доставки в разные отделы кишечного тракта модельных животных [2]. В настоящее время оценивается эффективность антибактериальной терапии с применением биогеля для доставки препарата непосредственно в очаг воспаления либо максимально близко к нему, что позволяет поддерживать терапевтическую концентрацию за счет его постепенного высвобождения [3, 4]. С целью обеспечения качественной пролонгированной доставки почвенных бактерий, гуминовых и фульвовых кислот, а также микроэлементов в почву, повышения

эффективности использования питательных веществ и снижения предуборочных потерь урожая (до 40 % [5]) разработан комплекс Юнигель Плантум в рамках проекта, поддержанного министерством науки и инноваций Новосибирской области. Планируются испытания разработанного комплекса на гидропонной установке при промышленном выращивании салатов. Его использование позволит растениям лучше адаптироваться к стрессам гидропонного культивирования и повысит урожайность и качество продукции.

Листовой салат – одна из наиболее востребованных и потребляемых зеленых культур на рынке России, которая выращивается в условиях защищенного грунта. По содержанию питательных веществ он входит в десятку самых полезных растительных продуктов. Листовой салат обладает низкой калорийностью, но богат витаминами, микроэлементами, антиоксидантами и полифенолами [6]. Зеленые культуры, наряду со многими другими полезными свойствами, выступают важным источником белка. Особую ценность представляют продукты с повышенным содержанием незаменимых аминокислот. Они должны поступать в организм человека в необходимом количестве ежедневно в качестве строительного материала и для обеспечения метаболических потребностей [14]. Аргинин играет важную роль в организме, так как он способствует синтезу оксида азота, который улучшает кровоток и питание мышц, потенциально влияет на выработку инсулина и необходим для работы мозга. Гистидин – это незаменимая аминокислота, которая участвует в выработке гистамина – медиатора реакций иммунной системы – и имеет решающее значение для нормальной работы мозга, а также для поддержания здоровой барьерной функции кожного покрова. Валин необходим для осуществления обмена азота в организме, а также для процессов репарации поврежденных тканей. Треонин участвует в активации иммунитета, восстановлении тканей. Фенилаланин поддерживает здоровье центральной нервной системы, укрепляет память и поддерживает метаболизм. Триптофан участвует в выработке серотонина, витамина В3. Лизин оказывает содействие в усвоении кальция и снижении уровня сахара в крови. Лейцин и его производные способствуют правильному формированию мышечных тканей, снижению уровня сахара в крови. Метионин является антиоксидантом и участвует в синтезе гормонов.

Листовой салат быстро реагирует на внесение органических удобрений [7], поэтому он подходит для проведения испытаний подобного рода препаратов. Определение оптимальной дозировки препарата позволит не только повысить урожайность тепличных зеленых культур, но и улучшить их питательную ценность, в частности, за счет увеличения содержания незаменимых аминокислот.

Препарат Юнигель Плантум включает комплекс органических веществ и микроорганизмов, необходимых для нормального роста и развития растений:

бактерии *Bacillus* (в частности, *B. subtilis*), аминокислоты, гуминовые и фульвовые кислоты (содержащиеся в препарате Берес 8), а также различные микроэлементы. Данный состав разработан с учетом того, что тепличные хозяйства обычно добавляют эти компоненты в питательные растворы для стимуляции роста и развития растений. Однако при гидропонном выращивании частый полив снижает эффективность этих добавок, так как они вымываются и не удерживаются в зоне корней на протяжении всего вегетационного периода салата. Микроорганизмы рода *Bacillus*, являясь эндофитами, не только оказывают ростостимулирующий эффект, но и повышают устойчивость к фитопатогенам.

Цель исследования – определить оптимальную концентрацию препарата Юнигель Плантум для повышения урожайности и улучшения качественных характеристик листового салата, культивируемого гидропонным способом на субстрате из минеральной ваты.

#### Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выбран салат сорта Афицион (Rijk Zwaan). Он является наиболее популярным среди салатных линий светло-зеленого цвета типа Батавия. Допускается возможность выращивания в разных световых и климатических условиях. Этот сорт устойчив к отклонениям от оптимальной температуры, к краевому некрозу и цветущности, не вытягивается при повышенных температурах, отмечается характерная пластичность. У него наблюдается активный рост – при гидропонном выращивании рассадный период составляет около 17 дней, период доращивания – 20 дней, а вегетационный период – 30–35 дней. Средняя масса растения может достигать 500 г.

В июне 2024 г. исследования проводили в тепличном комплексе «Сады Гиганта» (Новосибирская область). Салат выращивали на рассадных столах, размещая 24 горшка с субстратом из минеральной ваты на 1 м<sup>2</sup>. Полив производился методом подтопления с интервалом 150 мин, обеспечивая 10 поливов в день. Выращивание растений осуществлялось при естественном освещении, дополнительная подсветка не применялась. Результаты эксперимента оценивали через 28 дней после посева.

Контрольную группу растений выращивали по принятой на комбинате технологии: четырехкратная листовая обработка комбинацией препаратов Экогель и Агроцен с периодичностью 1 раз в неделю, в дозировке 0,5 и 0,15 % соответственно. Опытную группу растений выращивали на субстрате, в который однократно внесли препарат Юнигель Плантум в дозировке 0,03 г на горшок. Препарат, представляющий собой сухой порошок, добавляли в почву до посева.

Проведено три серии опытов с применением удобрения Юнигель Плантум (табл. 1). Первую серию экспериментов проводили с использованием стандартной формы препарата – дозировка согласно инструкции составляла 0,7 г препарата на 1 м<sup>2</sup>. Вторая серия опытов с препаратом Юнигель Плантум проведена с целью подбора количества вносимых веществ при уменьшенной концентрации гуминовых и фульвовых кислот в 12 (Плантум\_12) и 15 (Плантум\_15) раз, при этом метод внесения и дозировку не изменяли. На основании анализа результатов первых двух серий для дальнейших экспериментов была выбрана форма удобрения Плантум\_12 (с 12-кратным уменьшением концентрации элементов), поскольку при ее использовании количественные показатели салата оказались выше, чем при Плантум\_15. Это обусловлено достижением оптимального содержания гуминовых и фульвовых кислот, которые способствуют росту и развитию корневой системы растений.

Урожайность растений вычисляли по средней массе листовых розеток без и с корневой системой. Для определения массы листовых розеток салата без корневой системы их срезали у основания и взвешивали на весах (СЕ224-С, Сартогосм, Россия). Массу растений с корневой системой измеряли на том же оборудовании путем извлечения из горшка части, которая проросла в минеральную вату. Сохранение корневой системы необходимо для оценки стойкости при транспортировке и потребительских качеств салата.

Влажность растений салата – показатель потребительских качеств – определяли измерением потери массы образца при высушивании до постоянного веса. Взвешивали свежие и высушенные образцы салата.

Качество листового салата оценивали по содержанию сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого

Таблица 1. Содержание и дозировка гуминовых и фульвовых кислот в препаратах серии Юнигель Плантум.

Table 1. Content and share of humic and fulvic acids in Yunigel Plantum.

Препарат	Содержание гуминовых и фульвовых кислот в препарате Берес 8, %	Дозировка гуминовых и фульвовых кислот на одно растение, мг
Юнигель Плантум в стандартной форме	14,3	0,43
Юнигель Плантум_12	1,2	0,04
Юнигель Плантум_15	0,9	0,03
Норма внесения препарата Берес-8*	–	0,02

Примечание: \* – норма внесения взята с сайта производителя <https://beres-npk.ru/programmy-pitaniya/>

Note: \* – the application rate cited originates from the manufacturer's website <https://beres-npk.ru/programmy-pitaniya/>

протеина (ГОСТ 13496.4-2019) и по аминокислотному составу (М 04-87-2009). Полученные результаты были статистически обработаны с применением непараметрического дисперсионного анализа One-way PERMANOVA с последующим сравнением между группами и Mann-Whitney тест для двух групп сравнения.

По ГОСТ 31640-2012 для определения количества сухого вещества среднюю пробу зеленой части салата измельчали на отрезки длиной от 1 до 3 см и тщательно перемешивали. Навеску испытуемой пробы (100–150 г) помещали в фарфоровую чашку, взвешивали и помещали в сушильный шкаф. Высушивание проводили при температуре  $60 \pm 2$  °С до воздушно-сухого состояния в течение 6 ч. Пробы охлаждали на лабораторном столе в течение 1 ч и взвешивали. Для контроля полноты высушивания чашку с образцом повторно помещали в сушильный шкаф при той же температуре на 1 ч, после чего снова взвешивали. Критерием достижения постоянной массы являлось различие между двумя последовательными взвешиваниями высушенной и охлажденной пробы, не превышающее 0,5 % от ее массы после высушивания.

Массовую долю сухого вещества ( $y$ , %) в испытуемой пробе вычисляли по формуле 1:

$$y = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса бюкса (при определении содержания сухого вещества в корнеплодах и клубнеплодах, а также жидких и пастообразных кормах масса бюкса включает и массу кварцевого песка, и стеклянной палочки), г;  $m_2$  – масса бюкса с пробой до высушивания, г;  $m_3$  – масса бюкса с пробой после высушивания, г.

Качество зеленой массы оценивали по содержанию сырого протеина, которое определяли методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-2019). Средние пробы салата измельчали до прохода через сито с размером ячейки 1 мм. Далее навеску в количестве 0,7–1,0 г помещали в чистую сухую колбу Кьельдаля. Минерализацию проводили в вытяжном шкафу, добавляя в данную колбу 8 г порошкового катализатора с серноокислой медью и серноокислым калием (10:100 весовых частей). После внесения катализатора осторожно приливали 10 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты. Содержимое колбы Кьельдаля тщательно перемешивали легкими круговыми движениями, обеспечивая полное смачивание навески. Далее пробу нагревали в колбе под углом 30–45° к вертикали, в горло колбы вставляли маленькую стеклянную воронку для уменьшения улетучивания кислоты во время минерализации. Нагревание проводили умеренно, для предотвращения пенообразования, при постоянном помешивании. После исчезновения пены нагревание усиливали до появления постоянных признаков кипения. Как только жидкость в колбе обесцветилась, нагрев продолжали в течение 30 мин с последующим охлаждением минерализата. Далее его переносили в отгонную колбу с общим

объемом раствора 200 см<sup>3</sup>. Перед отгонкой аммиака минерализат разбавляли 150 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Отгонку аммиака проводили в борную кислоту. Для этого в приемную колбу наливали 25 см<sup>3</sup> раствора борной кислоты с массовой концентрацией 40 г/дм<sup>3</sup>. Отгонную колбу присоединяли к аппарату для отгонки аммиака и через капельную воронку 67 осторожно приливали раствор гидроокиси натрия с массовой долей 33 % в колбу с минерализатом. Воронку промывали трижды, порциями дистиллированной воды по 10 см<sup>3</sup>, оставляя небольшое количество воды в качестве гидрозатвора. Далее приливали гидроокись натрия не менее 3,5 см<sup>3</sup> раствора с массовой долей 33 %. Раствор в отгонной колбе нагревали и обеспечивали равномерное кипение. По окончании отгонки использовали красную лакмусовую бумагу для определения завершения процесса. Для этого бумажку подставляли под стекающие капли дистиллята. Если она не меняла цвет, то процесс отгонки аммиака был завершен.

Массовую долю сырого протеина в испытуемой пробе ( $X_2$ , %) высчитывали по формуле 2:

$$X_2 = 6,25 \times X_1 \quad (2)$$

где 6,25 – коэффициент пересчета общего содержания азота на сырой протеин;  $X_1$  – массовая доля азота в испытуемой пробе, %.

Для определения количественных показателей аминокислотного состава зеленой массы салата применяли методики согласно ГОСТу М 04-87-2009 с помощью капиллярного электрофореза. В исследовании использовали систему капиллярного электрофореза с источником высокого напряжения положительной полярности, фотометрическим или спектрофотометрическим детектором «Капель». Статистическую обработку данных проводили методами непараметрической статистики Mann-Whitney тест с последующим сравнением между группами.

### Результаты и их обсуждение

При проведении первой серии экспериментов оценивали количественные и качественные показатели салата. В результате визуальной оценки темпов роста растений отмечено, что при использовании стандартной формы удобрения Юнигель Плантум происходит задержка роста на основных этапах развития листьев салата. Рост растений в опытной группе отставал на 7 дней от контроля. Это связано с тем, что удобрение в стандартной форме разработано для почвогрунта, в то время как на гидропонных культурах оно проявляет ингибирующий эффект. Однако применение высокой дозировки препарата показало, что длина междоузлий была меньше, а масса салата была больше, даже при условии, что высота растения отставала от контроля. Листья салата, выращенные с применением препарата, отличались хорошей сформированностью, отсутствием повреждений и дефектов. Для того, чтобы длина междо-

узлий была оптимальной при его выращивании в системе гидропоники необходимо было оптимизировать концентрацию действующих веществ в удобрении Юнигель Плантум.

В исследовании S. Nardi *et al.* [8] показано, что превышение дозировки внесения гуминовых кислот может задерживать рост растений из-за чрезмерной хелатации микроэлементов или нарушения гормонального баланса. Содержание гуминовых и фульвовых кислот в первоначальном препарате Юнигель Плантум составляло 0,43 мг на куст салата. В соответствии с установленными нормами, препарат гуминовых кислот Берес-8, являющийся одним из активных компонентов, вносят в количестве 0,02 мг на куст. Такая концентрация гуминовых и фульвовых кислот оптимальна для выращивания салата в полевых условиях на грунте. В данной работе основной целью было определение оптимальной концентрации препарата Юнигель Плантум для повышения количественных и качественных показателей салата и разработка технологии внесения. Для этого проведены испытания препарата с разными концентрациями с целью оптимизации внесения удобрения в гидропонной системе.

Визуальная оценка темпов роста салата, выращенного с применением Плантум\_12 и Плантум\_15, не выявила задержек развития на основных этапах в течение 14 и 28 дней соответственно (рис. 1). Масса салата с корневой системой при добавлении препарата Плантум\_12 достоверно отличалась от массы растений контрольной группы. Привес составил более 20 % относительно контроля. Также отмечено, что салат в группе Плантум\_12 и Плантум\_15 достиг оптимальной высоты на 5 дней раньше, по сравнению с контролем. Масса салата в группе Плантум\_15 превышала значения массы растений в группе Плантум\_12 и контрольной. При этом разброс данных по массе был значительным, что не позволяет считать полученные результаты достоверными (рис. 2а, табл. 2).

Таким образом, с экономической точки зрения технология выращивания салата с использованием Плантум\_12 позволяет не только сократить время выращивания салата на 20 % (за счет созревания урожая на 5 дней раньше), но и увеличить урожайность более чем на 20 %. В условиях круглогодичного выращива-

ния сокращение периода вегетации на 5 дней позволит получать дополнительно 2 урожая с той же посевной площади. Урожайность салата, увеличенная на 20 %, приводит к снижению себестоимости на 10–15 % [9]. Это создает условия для более быстрой окупаемости оборудования или для внедрения современных автоматизированных технологий.

Потребительские свойства салата, такие как содержание влаги (тургор) [10] и прочность клеточных стенок, которые влияют на стойкость салата при транспортировке, являются ключевыми показателями качества [11]. Тургор в сочетании с прочностью клеточных стенок влияет также на хрусткость и свежесть салата [12]. Показано, что в экспериментальных группах разброс показателей влажности был значительным и достоверно не отличался от контрольной группы (рис. 2б, табл. 2). Таким образом, внесение препарата Плантум\_12 и Плантум\_15 не влияло на процент влажности. Поскольку масса куста увеличилась на 20 % без изменения процентного содержания воды, можно

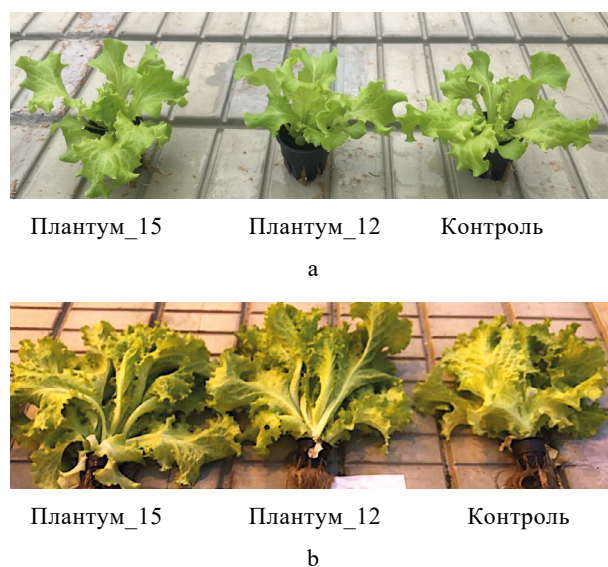


Рисунок 1. Внешний вид образцов салата: а – 14 дней; б – 28 дней

Figure 1. Appearance of lettuce samples: a – 14 days; b – 28 days

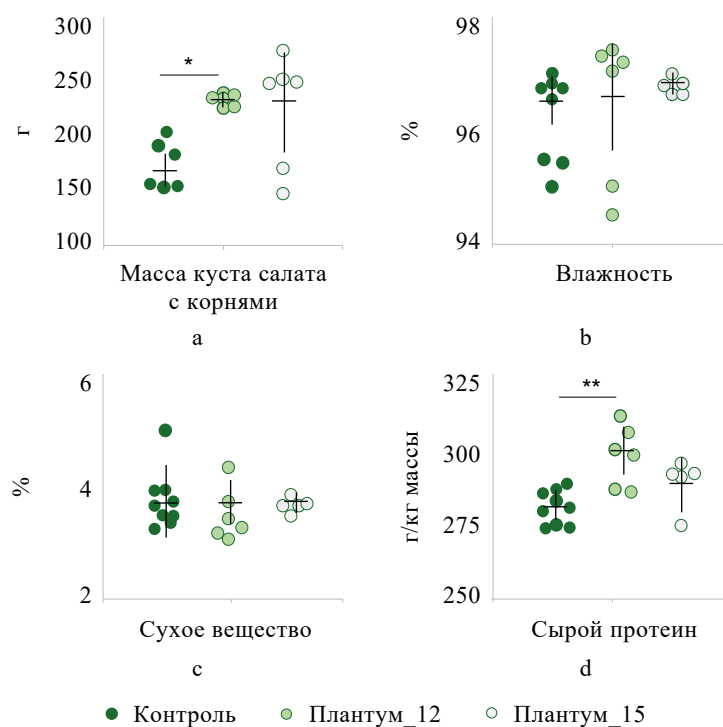
Таблица 2. Сравнительные показатели салата после выращивания на Плантум\_12 и Плантум\_15.

Table 2. Lettuce grown on Plantum\_12 vs. Plantum\_15.

Показатели	Контроль	Плантум_12	Плантум_15	PERMANOVA ( <i>F</i> -критерий; уровень значимости <i>p</i> )
Масса с корнями, г	163,6 ± 18,8	214,9 ± 4,9*	207,3 ± 45,1*	<i>F</i> = 8,5; <i>p</i> = 0,01
Влага в зеленой части, %	96,1 ± 0,7	96,2 ± 1,2	96,5 ± 0,2	<i>F</i> = 0,56; <i>p</i> = 0,60
Сухое вещество, %	3,4 ± 0,8	3,3 ± 0,4	3,5 ± 0,1	<i>F</i> = 0,52; <i>p</i> = 0,50
Сырой протеин, г/кг	277,1 ± 4,9	292,4 ± 8,9*	283,8 ± 8,2	<i>F</i> = 5,70; <i>p</i> = 0,02

Примечание: Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение. \* –  $p < 0,05$  по сравнению с контролем.

Note: The values are given as mean ± standard deviation. \* –  $p < 0.05$  compared to the control.



Данные представлены как индивидуальные значения, горизонтальная черта – среднее значение, вертикальная черта – стандартное отклонение в каждой группе. \*,\*\* – достоверные отличия,  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  One-way PERMANOVA

Рисунок 2. Показатели качества листового салата при внесении серии препаратов Юнигель Плантум: а – масса салата с корнями; б – влажность; с – содержание сухого вещества; д – количество сырого протеина

Figure 2. Quality indicators of lettuce grown on Yunigel Plantum: a – weight with roots; b – moisture percentage; c – solids; and d – crude protein

говорить об эффективном накоплении влаги и высоких потребительских свойствах салата, выращенного с использованием Плантум\_12.

Сухое вещество, в состав которого входят клетчатка, белки, углеводы и минералы позволяет определить питательную ценность салата. Кроме того, увеличение сухой массы косвенно свидетельствует о прочности клеточных стенок из-за повышения количества клетчатки и белков. Для определения сухого вещества использовали зеленую часть салата без корневой системы. Проведенные исследования не выявили статистически значимых различий в процентном содержании сухого вещества в листьях салата между тремя группами (рис. 2с, табл. 2). В данном случае увеличение общей массы салата в группе Плантум\_12, по сравнению с контролем, указывает на увеличение общей массы, в том числе и массы сухого вещества. Таким образом, применение препарата Плантум\_12 способствует увеличению массы салата при сохранении его потребительских качеств, таких как тургор и состав клеточных стенок.

Сырой протеин – это общее количество азото-содержащих веществ в растениях, как органического, так и неорганического происхождения. Растения группы Плантум\_12 характеризовались более высоким содержанием сырого протеина, по сравнению с группой Плантум\_15, и этот показатель достоверно превы-

шал контрольные значения (рис. 2d, табл. 2). Норма содержания сырого протеина в салате составляет 2500–4500 мг/кг. В выращенном в рамках данного исследования салате этот показатель в 10 раз ниже. Поэтому, несмотря на увеличение содержания сырого протеина под воздействием Плантум\_12, нельзя однозначно утверждать о повышении белковой ценности салата [13]. В связи с этим, при повторном испытании препарата Плантум\_12 на салате было запланировано изучение состава аминокислот.

Для определения эффективности выбранной формы препарата Плантум\_12 проведено масштабирование биотехнологического процесса выращивания салата с применением системы гидропоники в условиях тепличного хозяйства (рис. 3). На рисунке 4 продемонстрирован метод внесения препарата Плантум\_12, дозировка которого составляла 3 мг на растение. Результаты эксперимента оценивали на 28 день после посева.

Показатель зеленой биомассы салата в группе Плантум\_12 достоверно был выше на 16 % ( $p < 0,001$ ) контрольной группы, что подтверждает эффективность применения и подбор оптимальной дозы удобрения Юнигель Плантум для выращивания салата сорта Афицион (рис. 5а, табл. 3).

Определение количественных показателей аминокислотного состава зеленой биомассы растений прово-

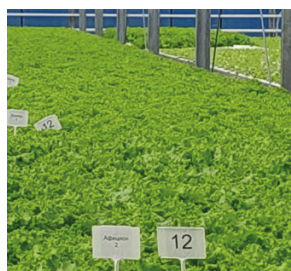


Рисунок 3. Внешний вид салата в контрольной и опытной группах

Figure 3. Appearance of control vs. experimental lettuce



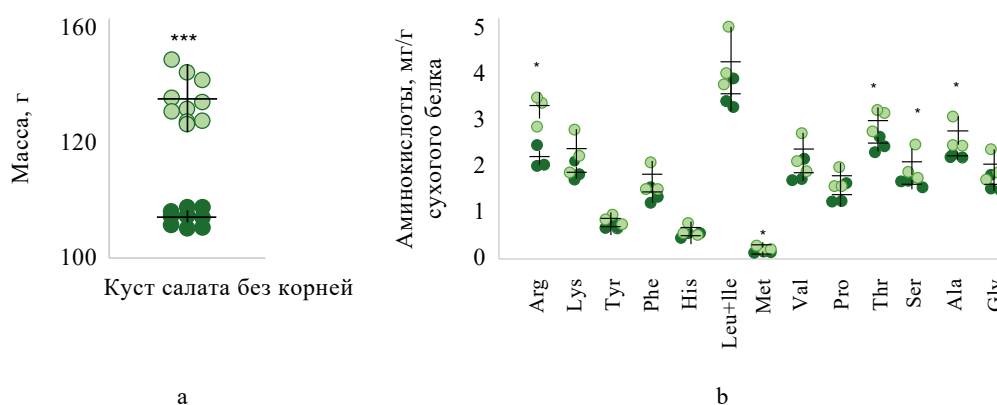
Рисунок 4. Метод допосевого внесения препарата

Figure 4. Pre-sowing application of Yunigel Plantum

Таблица 3. Масса и количество незаменимых аминокислот в зеленой части салата после выращивания на Плантум\_12

Table 3. Weight and quality of essential amino acids in lettuce grown on Yunigel Plantum\_12

Показатели	Контроль	Плантум_12	Mann-Whitney тест (Z-критерий и уровень значимости p)
Масса без корней, г	110,60 ± 1,90	139,80 ± 11,70	Z = 3,7; p = 0,0002
Аргинин, мг/г белка	1,85 ± 0,21	2,76 ± 0,28	Z = 2,0; p = 0,05
Лизин, мг/г белка	1,61 ± 0,17	1,96 ± 0,39	Z = 1,5; p = 0,10
Тирозин, мг/г белка	0,61 ± 0,07	0,73 ± 0,09	Z = 1,5; p = 0,10
Фенилаланин, мг/г белка	1,17 ± 0,14	1,47 ± 0,27	Z = 1,5; p = 0,10
Гистидин, мг/г белка	0,45 ± 0,05	0,52 ± 0,12	Z = 0,7; p = 0,50
Лейцин + Изолейцин, мг/г белка	3,01 ± 0,27	3,64 ± 0,57	Z = 1,5; p = 0,10
Метион, мг/г белка	0,12 ± 0,01	0,19 ± 0,04	Z = 2,0; p = 0,05
Валин, мг/г белка	1,59 ± 0,22	1,91 ± 0,36	Z = 1,1; p = 0,30
Пролин, мг/г белка	1,17 ± 0,19	1,46 ± 0,21	Z = 1,1; p = 0,30
Треонин, мг/г белка	2,09 ± 0,14	2,59 ± 0,21	Z = 2,0; p = 0,05
Серин, мг/г белка	1,39 ± 0,06	1,74 ± 0,33	Z = 2,0; p = 0,05
Аланин, мг/г белка	1,89 ± 0,03	2,27 ± 0,31	Z = 2,0; p = 0,05
Глицин, мг/г белка	1,37 ± 0,16	1,69 ± 0,29	Z = 1,5; p = 0,10



Данные представлены как индивидуальные значения, горизонтальная черта – среднее значение, вертикальная черта – стандартное отклонение в каждой группе. \*,\*\*\* – достоверные отличия между двумя группами,  $p < 0,05$ ,  $p < 0,001$  Mann-Whitney test.

Рисунок 5. Исследуемые показатели листового салата при внесении препарата Юнигель Плантум\_12: а – масса зеленой части салата (n = 10); б – содержание аминокислот в листьях салата

Figure 5. Quality indicators of lettuce grown on Yunigel Plantum\_12: a – weight without roots (n = 10); б – amino acids



дили для оценки качественного состава белка. Увеличение содержания аминокислот свидетельствует о том, что форма удобрения Плантум\_12 влияет на метаболизм растительных клеток и способствует лучшему накоплению белка. Кроме того, применение удобрения Плантум\_12 достоверно увеличивало содержание незаменимых аминокислот: аргинина, метионина, треонина, серина и аланина (рис. 5б, табл. 3).

Можно отметить важность присутствия незаменимых аминокислот в зеленой массе салата. Применение препарата Плантум\_12 позволяет получить большую концентрацию аминокислот в зеленой массе, что обеспечивает высокое качество салата и его повышенную питательную ценность.

Для определения эффективности подобранной формы препарата Юнигель Плантум оценивали развитие корневой системы салата, так как корневое питание играет ключевую роль в жизни растительного организма и служит основой для управления ростом и развитием растений. Увеличение массы и длины корней напрямую коррелирует с улучшением поглощения азота, фосфора и калия. Таким образом, более развитые корни повышают эффективность добавления удобрений на 20–30 % [15]. При гидропонном выращивании с использованием готовых питательных растворов хорошо развитая корневая система обеспечивает максимальное усвоение питательных веществ. В работе D. Hagassou *et al.* [16] показали, что увеличение корней на 1 см коррелировало с ростом биомассы на 4–6 %.

На рисунке 6а представлена корневая система растений из опытной и контрольной группы. Визуальная оценка позволяет сделать вывод о значительном увеличении массы корневой системы салата с применением формы биоудобрения Плантум\_12. Ускорение роста на 7 дней и увеличение зеленой массы салата на 16 % при использовании препарата связаны именно с развитием корневой системы (рис. 6б, табл. 2). Его вносили вместе с семенами на поверхность кубика субстрата (рис. 4), однако этого было достаточно для стимулирования роста корневой системы. Такой эффект, скорее всего, связан с возможностью сохранения и пролонгирования действия в субстрате гуминовых кислот и полезных микроорганизмов, добавленных вместе с носителем биогелем. Но для понимания механизма действия препарата необходимо проводить лабораторные эксперименты в полностью контролируемых условиях.

Кроме того, у растений опытной группы увеличивается количество корневых волосков (рис. 6б), что указывает на расширение абсорбирующей поверхности корневой системы. В условиях гидропоники увеличение площади всасывания способствует более эффективному поглощению ионов из питательного раствора, что, в свою очередь, приводит к ускорению роста растений [17]. Таким образом, препарат Плантум\_12 увеличивает не только объем корне-

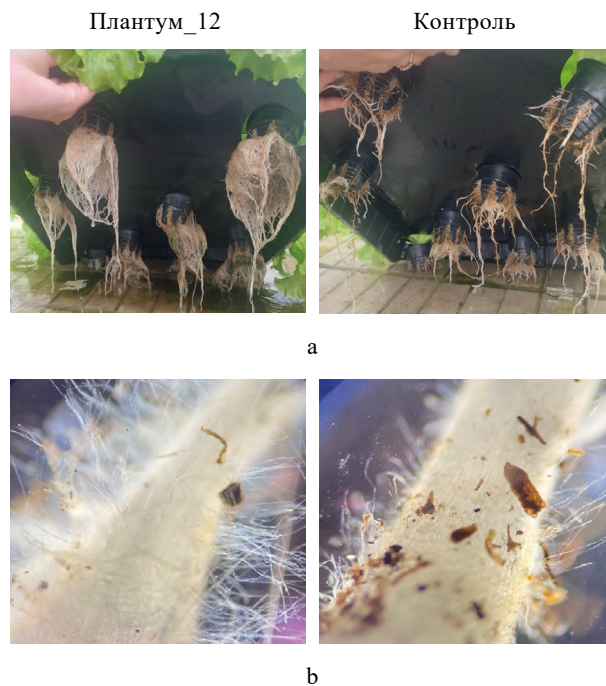


Рисунок 6. Вид корневой системы салата: а – в контрольной и опытной группе; б – с корневыми волосками салата в контрольной и опытной группе (увеличение микроскопа  $\times 100$ )

Figure 6. Root system: a – control vs. experimental lettuce; b – root hairs in control vs. experimental lettuce ( $\times 100$  magnification)

вой системы, но и повышает ее всасывающую способность за счет увеличения плотности корневых волосков.

### Выводы

Применение Юнигель Плантум\_12 при выращивании салата сорта Афицион на минераловатном субстрате показало комплексный положительный эффект: повышение продуктивности до 20 % за счет улучшения морфофизиологических характеристик корневой системы растений, повышение товарных и питательных качеств продукции за счет увеличения количества сырого протеина и незаменимых аминокислот.

Полученные результаты позволяют рекомендовать данный препарат для внедрения в технологические схемы выращивания листовых овощей в условиях защищенного грунта.

### Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку данной статьи.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

All authors participated equally in the research, data processing, and writing.

### Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest regarding the publication of this article.

### Список литературы / References

1. Синеговская В. Т., Синеговский М. О. Выращивание растений сои методом гидропонии. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24. № 2. С. 194–200. [Sinegovskaya VT, Sinegovskii MO. Growing soybean plants by hydroponic method. Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(2):194–200. (In Russ.)] <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.194-200>
2. Samokhin A, Korel A, Blinova E, Pestov A, Kalmykova G, et al. Delivery of *B. subtilis* into animal intestine using chitosan-derived bioresorbable gel carrier: Preliminary results. Gels. 2023;9(2):120. <https://doi.org/10.3390/gels9020120>
3. Korel A, Samokhin A, Zemlyakova E, Pestov A, Blinova E, et al. A Carboxyethylchitosan gel cross-linked with glutaraldehyde as a candidate carrier for biomedical applications. Gels. 2023;9(9):756. <https://doi.org/10.3390/gels9090756>
4. Fedorov E, Samokhin A, Kozlova Yu, Kretien S, Sheraliev T, et al. Short-term outcomes of phage-antibiotic combination treatment in adult patients with periprosthetic hip joint infection. Viruses. 2023;15(2):499. <https://doi.org/10.3390/v15020499>
5. Alexander P, Brown C, Arneith A, Finnigan J, Moran D, et al. Losses, inefficiencies and waste in the global food system. Agricultural Systems. 2017;153:190–200. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014>
6. Елисеева Л. Г., Осман А., Молодкина П. Г., Белкин Ю. Д., Сантурян Т. А. Влияние биотехнологии производства микрозелени в фитотронах городского типа на содержание функциональных ингредиентов, повышающих адаптивный иммунитет. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 5. С. 28–31. [Eliseeva LG, Osman A, Molodkina PG, Belkin YuD, Santuryan TA. Influence of biotechnology of microgreen production in urban-type phytotrons on the content of functional ingredients capable to increase the adaptive immune. Izvestiya vuzov. Food Technology. 2022;(5):28–31. (In Russ.)] <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.5.6>
7. Жемьякин С. В., Попова Д. А. Влияние микробиологического удобрения Ризобакт на растения салата посевого в защищенном грунте. Проблемы продовольственной безопасности (EPFS 2023): материалы Международной научно-практической конференции; Горки; 2023. Ч. I. С. 168–173. [Zhemyakin SV, Popova DA. Effect of microbiological fertilizer Rizobakt on lettuce plants in greenhouse farming. Food Security Issues (EPFS 2023): Intern. Sci. Pract. Conf; Gorki; 2023. Pt I. pp. 168–173. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/WALLPT>
8. Nardi S, Schiavon M, Francioso O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. Molecules. 2021;26(8):2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
9. Yücel-Engindeniz D. Economic analysis of lettuce growing in greenhouse: A case study from türkiye. Journal of Global Agriculture and Ecology. 2025;17(1):1–8. <https://doi.org/10.56557/jogae/2025/v17i19039>
10. Subedi PP, Walsh KB. Non-invasive techniques for measurement of fresh fruit firmness. Postharvest Biology and Technology. 2009;51(3):297–304. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.004>
11. Saladić M, Matas AJ, Isaacson T, Jenks MA, Goodwin SM, et al. A reevaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. Plant Physiology. 2007;144(2):1012–1028. <https://doi.org/10.1104/pp.107.097477>
12. Bourne MC. Texture, Viscosity, and Food. In: Bourne MC, editor. Food Texture and Viscosity (Second Edition). Food Science and Technology. Academic Press; 2002. pp. 1–32. <https://doi.org/10.1016/B978-012119062-0/50001-2>
13. Papafilippaki A, Nikolaidis NP. Comparative study of wild and cultivated populations of *Cichorium spinosum*: The influence of soil and organic matter addition. Scientia Horticulturae. 2020;261:108942. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108942>
14. Shimobayashi M, Hall MN. Making new contacts: The mTOR network in metabolism and signalling crosstalk. Nature Reviews Molecular Cell Biology. 2014;15(3):155–162. <https://doi.org/10.1038/nrm3757>
15. Qi Y, Liu X, Zhang Q, Wu H, Yan D, et al. Carotenoid accumulation and gene expression in fruit skins of three differently colored persimmon cultivars during fruit growth and ripening. Scientia Horticulturae. 2019;248:282–290. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.042>
16. Hagassou D, Francia E, Ronga D, Buti M. Blossom end-rot in tomato (*Solanum lycopersicum* L.): A multi-disciplinary overview of inducing factors and control strategies. Scientia Horticulturae. 2019;249:49–58. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.042>
17. Khoso MA, Hussain A, Ritonga FN, Ali Q, Channa MM, et al. WRKY transcription factors (TFs): Molecular switches to regulate drought, temperature, and salinity stresses in plants. Frontiers in Plant Science. 2022;13:1039329. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1039329>