

Выводы. В полевом опыте установлена высокая конкурсирующая способность смеси многолетних трав второго и третьего годов пользования по отношению к сорным растениям.

Многолетние травы практически полностью вытеснили малолетнюю сорную растительность в агроценозе. Подобное снижение засоренности малолетними сорняками обусловлено биологическими особенностями смеси многолетних трав в конкуренции с сорными растениями за факторы жизни. Исключение составляет вариант с ЖФБ, в котором на второй и третий годы увеличивалось выпадение растений многолетних трав в посеве.

Наибольшая урожайность трав в среднем за три года исследований наблюдалась в варианте с применением гранулированного удобрения в дозе 15 т/га, прибавка к контрольному варианту составила 28,5 т/га. Следует отметить, что засоренность и площадь покрытия сорными растениями в этом варианте были одними из минимальных.

Литература

1. Chernikova O., Mazhayskiy Yu., Ampleeva L. Selenium in nanosized form as an alternative to microfertilizers // *Agronomy Research*. – 2019. – Т. 17. № Special Issue 1. – С. 974 – 981. doi: 10.15159/AR.19.010
2. Chernikova O., Mazhayskiy Yu., Buryak S., Seregina T., Ampleeva L. Comparative analysis of the use of biostimulants on the main types of soil // *Agronomy Research*. – 2021. – Т. 19. № Special Issue 1. – С. 711-720. doi: 10.15159/AR.21.075
3. Seregina T., Chernikova O., Mazhayskiy Yu., Ampleeva L. Features of the influence of copper nanoparticles and copper oxide on the formation of barley crop // *Agronomy Research*. – 2020. – № 18(1). – С. 1010–1017. doi: 10.15159/AR.20.025

4. Инструкция по определению засоренности полей, многолетних насаждений, сенокосов и пастбищ. – М.: ФГНУ «Россельхозцентр», 2017. – 64 с.
5. Кошкин Е.И. К проблеме конкуренции культурных и сорных растений в агрофитоценозе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 2016. – № 4. – С. 53-68.
6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
7. Морозов В.И., Тойгильдин А.Л., Подсвало М.И. Флористический состав и динамика численности сорных растений агрофитоценозов в севооборотах лесостепной зоны Поволжья // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2018. – № 4 (44). – С. 102-109. doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-102-109
8. *Плодородие почв: проблемы, перспективы сохранения и повышения* [электронный ресурс]. – URL: <https://glavagronom.ru/articles/plodorodie-pochv-problemy-perspektivy-sohraneniya-i-povysheniya> (дата обращения: 27.12.2023).
9. Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д., Булычева В. О. Эффективность применения предпосевной обработки семян яровой пшеницы биопрепаратом ЖФБ // *Бюллетень науки и практики*. – 2019. – №5 (6). – С. 137-144. doi: 10.33619/2414-2948/43
10. Федеральный закон от 14.07.2022 N 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» / «Собрание законодательства РФ». – 18.07.2022. – № 29 (часть I). – С. 5215.
11. Чуян Н. А., Брескина Г. М. Оценка фитосанитарного состояния сельскохозяйственных посевов с использованием агробиотехнологии // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. – 2023. – № 4 – С. 29-35. doi: 10.31857/2500-2082/2023/4/29-35
12. Шпанев А. М., Смур В. В., Фесенко М. А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на засоренность зерноотравапропашного севооборота // *Агрохимия*. – 2023. – № 12. – С. 67-74. doi: 10.31857/S000218812312013X
13. Ямалеева А.М., Анаева Н.Н. Роль биопрепаратов в улучшении фитосанитарного состояния посевов и повышении урожайности зерновых культур // *Вестник Марийского государственного университета, серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. – 2020. – Т. 6. - №4. – С. 450 – 458. doi: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-450-458

ASSESSMENT OF THE PHYTOSANITARY CONDITION OF CROPS WHEN APPLYING ORGANIC FERTILIZERS

S.M. Buryak¹, O.V. Chernikova², Yu.A. Mazhayskiy²

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 390044, Russia, Ryazan, st. Kostychev, 1

²The academy of the FPS of Russia, 390000, Russia, Ryazan, st. Sennaya, 1, E.mail: romanowasweta@yandex.ru

In 2020-2022, in a field experiment on sod-podzolic soils, the effect of organic fertilizers, as well as pre-sowing seed treatment with a liquid-phase biological product (LPBP) on the phytosanitary condition of perennial grass crops was studied. In the experiment, rotted and granular turkey droppings were used in doses of 15 t/ha and 30 t/ha, as well as a 1% solution of LPBP. It is shown that the greatest contamination of crops was observed in the first year of germination in all variants of the experiment. At the same time, the highest with the use of rotted manure at a dose of 30 t/ha, the coverage of crops of perennial grasses with weeds was 62%, and also at a dose of 15 t/ha – 53%. The highest yield of spring barley was noted in the variant using granulated turkey manure at a dose of 15 t/ha, the increase to the control variant was 118% in green mass, 100% in dry matter.

УДК: 631.816.3: 631.95

DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.17

ДЕЙСТВИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ КУЛЬТУРЫ МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS* НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТА

Н.Л. Кураченко, д.б.н., Н.В. Абакумова, ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ»
660049, Россия, г. Красноярск, пр-т Мира, 90, kurachenko@mail.ru

Представлены результаты испытания биопрепаратов на основе культуры микроводоросли *Chlorella vulgaris*, их влияние на урожайность и биохимическую характеристику плодов томата, возделываемого в условиях открытого грунта Красноярской лесостепи. Установлено, что обработка семян томата 1 %-ным раствором биопрепарата с дополнительным опрыскиванием в фазе пяти настоящих листьев и внесением гранул с *Chlorella vulgaris* в почву при пикировке благоприятно влияла на листовой аппарат растений и продуктивность культуры. В этих вариантах опыта отмечены увеличение надземной фитомассы на 59-12 г/растение, увеличение количества плодов на 5 шт/растение и повышение урожайности на 1,3-1,5 кг/м² по сравнению с контролем (p < 0,05). При получении

рассады томата с замачиванием семян и опрыскиванием растений 1 %-ным раствором суспензии *Chlorella vulgaris* наблюдалось максимальное содержание сахара (3,6 %) и витамина С в плодах томата (29,9 мг/100 г).

Ключевые слова: томат, биопрепараты, микроводоросли, структура урожая, урожайность, биохимические показатели.

Для цитирования: Кураченко Н.Л., Абакумова Н.В. Действие биопрепаратов на основе культуры микроводоросли *chlorella vulgaris* на продуктивность томата// Плодородие. – 2024. – №2. – С. 65-70. DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.17.

Актуальное направление развития растениеводства в связи с возросшей химизацией и индустриализацией отрасли – использование ресурсосберегающих технологий, оказывающих минимальное негативное воздействие на окружающую среду. Применение биотехнологий на основе использования биологических средств защиты, биостимуляторов и биологических удобрений является одним из способов эколого-биосферного ведения сельского хозяйства [1-3]. Внедрение инновационных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с применением микроводоросли *Chlorella vulgaris* позволит осуществить комплексный подход к проблеме сохранения плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Микроводоросли *Chlorella* – одноклеточные микроорганизмы с большой продуктивностью биомассы и высокими темпами роста, с широким спектром физиологических и биохимических характеристик, представляют собой ценный возобновляемый сырьевой ресурс [4]. Их используют для мелиорации водной среды, повышения плодородия почв, получения биологически активных веществ и различных пищевых и кормовых добавок, в косметической промышленности и для производства биотоплива [5-7].

По мнению [8], внесение в грунт живых культур микроводорослей при посеве вместе с семенами, а также на разных стадиях вегетации растений следует рассматривать как направленную альголизацию с продуцированием клетками большого количества биологически активных ростостимулирующих соединений и веществ, обладающих фунгицидным и фунгистатическим действием. В условиях резко-континентального климата лесостепной зоны Красноярского края возделывание экономически важной культуры томата в открытом грунте с применением биопрепаратов на основе микроводоросли *Chlorella vulgaris* может оказать положительное действие на биохимические процессы в вегетирующих растениях и способствовать повышению урожайности культуры.

Цель исследований – изучить влияние биопрепаратов на основе микроводоросли *Chlorella vulgaris* на урожайность и биохимическую характеристику плодов томата, возделываемого в условиях открытого грунта Красноярской лесостепи.

Методика. Исследования проведены в 2022-2023 г. в микрополе в Красноярской лесостепи (56°25'N и 92°53'E.), расположенной на юго-западной окраине Средней Сибири. На этой территории выпадает 350-450 мм осадков в год. Среднегодовая температура воздуха в регионе изменяется от 0,5 до 3,0°C, понижаясь иногда до – 2°C. Продолжительность периода биологической активности варьирует от 90 до 155 сут. Сумма активных температур составляет 1550-1800°C, почвы промерзают на глубину 1,5-3,0 м.

Объекты исследования – агросерая лесная почва, биопрепараты на основе культуры *Chlorella vulgaris* и томат

(*Lycopersicon esculentum* Mill. = syn. *Solanum lycopersicum* L.). Почва опытного участка – агросерая лесная типичная тяжелосуглинистая, характеризующаяся высоким содержанием гумуса (6,3-6,9 %), высокой суммой обменных оснований (24,4-26,0 ммоль/100 г), слабокислой реакцией среды (pH_{KCl} 5,1-5,2).

Оценку влияния способов применения биопрепаратов на основе культуры *Chlorella vulgaris* на продукционный потенциал томата провели по следующей схеме: 1) контроль (замачивание семян в воде); 2) замачивание семян в 1 %-ном растворе суспензии культуры *Chlorella vulgaris*; 3) замачивание семян в 1 %-ном растворе суспензии культуры *Chlorella vulgaris* + опрыскивание 1 %-ным раствором суспензии культуры *Chlorella vulgaris* в фазе пяти настоящих листьев; 4) замачивание семян в 1 %-ном растворе суспензии культуры *Chlorella vulgaris* + внесение гранул с культурой *Chlorella vulgaris* при пикировке растений.

Замачивание семян в воде и растворе суспензии культуры *Chlorella vulgaris* осуществляли в течение 4 ч. Для замачивания семян и опрыскивания растений в фазе пяти настоящих листьев использовали 1 %-ный раствор суспензии *Chlorella vulgaris*. Гранулы, используемые в опыте при пикировке рассады, представляли собой суспензию, иммобилизованную в биологический полимер в аликвотной концентрации. Количество гранул при пикировке растений вносили из расчета 5 шт/500 г почвы.

Посев томата для получения рассады проведен 21-25 марта, пикировка в фазе двух настоящих листьев – 1-4 апреля, высадка в открытый грунт – 10-14 июня. Схема посадки – 4 растения/м². Площадь опытных делянок 1 м², повторность – 4-кратная, размещение – систематическое. В опыте возделывали томат сорта Петруша огородник, хорошо приспособленный к нестабильной погоде в Сибири, в том числе в открытом грунте.

Учет урожая томата проведен в три срока – в первой, второй и третьей декадах августа. Структура урожая томата определена в последний срок учета урожая (22-28 августа). В структуре урожая учитывали высоту растений, число ветвей, надземную массу растений, количество листьев, массу листьев, площадь листьев, удельную плотность листьев, массу плодов с 1 м², число плодов на 1 м², число плодов на 1 растение, среднюю массу плодов с 1 растения. Качественная биохимическая характеристика плодов томата включала определение нитратного азота нитратометром «Созкс», сухого вещества (ГОСТ 28561-90), сахара по М 04-69-2011, витамина С по М 04-86-2016 на системе капиллярного электрофореза Капель-105М. Результаты аналитических определений и урожайных данных обработаны методом дисперсионного анализа [9].

Погодные условия вегетационного сезона 2022 г. характеризовались как теплые и неравномерно влагообеспеченные. Начало вегетационного периода сопровождалось высокой среднесуточной температурой воздуха и небольшим количеством осадков. Гидротермический

коэффициент в мае не превышал 0,5, что соответствует сухим условиям. Засушливые условия отмечались и в июльский период (ГТК = 0,9). При температуре воздуха, приближающейся к среднегодовым показателям, сумма осадков составила 49 мм, что ниже среднегодового уровня на 29 %. Июнь и август отличались избыточным увлажнением. Сумма осадков в эти периоды превышала среднегодовое значение на 71-15 %. Вегетационный сезон 2023 г. по температурному режиму характеризовался превышением среднегодовых показателей температуры воздуха на 1-4°C. Средняя температура воздуха за период наблюдений варьировала от 17 до 20°C. Наиболее жарким месяцем был июль. В этот период температура воздуха по декадам имела стабильную величину (20°C). Сумма осадков за период вегетации томата в открытом грунте (июнь-август) составила 121 мм, что ниже среднегодового уровня осадков на 51 мм. Величина ГТК в этот период составляла 0,5-0,8, что соответствовало засушливым условиям. Избыточное увлажнение отмечалось только в мае с превышением среднегодового показателя осадков на 25 %.

Результаты и их обсуждение. Наблюдения за ростом и развитием томата являются важным условием формирования урожайности культуры. Для получения высокого урожая томат нуждается в хорошо развитой вегетативной массе, обеспечивающей интенсивный уровень ассимиляционного процесса [10]. Замачивание семян томата и опрыскивание рассады биопрепаратом на основе микроводоросли *Chlorella vulgaris* положительно повлияло на некоторые показатели листового аппарата растений (табл. 1).

1. Листовой аппарат растений томата (в среднем за 2022-2023 г.)

Вариант	Высота растений, см	Число ветвей на 1 раст.	Сырая надземная масса, г/раст.	Число листьев на 1 раст.	Масса листьев, г/раст.
Контроль (замачивание в воде)	96,0	2,4	319,2	27,9	176,8
Замачивание в 1 %-ном р-ре	94,1	2,3	357,5	29,4	184,6
Замачивание + опрыскивание 1 %-ным р-ром	98,3	2,5	439,2	31,6	226,7
Замачивание в 1 %-ном р-ре + гранулы	97,2	2,8	378,4	34,6	247,5
<i>pA</i> (вариант)	0,347	0,410	0,001*	0,008*	0,000*
<i>pB</i> (год)	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
<i>pAB</i> (взаимод.)	0,006*	0,410	0,004*	0,114	0,000*

Учет высоты растений и числа ветвей после сбора плодов выявил тенденцию к их увеличению в вариантах опыта с замачиванием семян и последующим опрыскиванием растений 1 %-ным раствором суспензии культуры *Chlorella vulgaris* в фазе пяти настоящих листьев, а также при совмещении замачивания семян с внесением биопрепарата в почву в виде гранул. При отсутствии достоверного влияния биопрепаратов на высоту растений и число ветвей установлено, что эти показатели на 54-39 % зависели от погодных условий вегетационного сезона.

По средней массе растений судят об устойчивости их к заглушению травянистой растительностью и к другим

неблагоприятным факторам среды. Обработка семян томата 1 %-ным раствором *Chlorella vulgaris* благоприятно влияла на накопление сырой надземной массы растений, количество листьев и их массу.

Во всех экспериментальных вариантах растения томата в ходе вегетации увеличили сырую надземную фитомассу по сравнению с контролем на 38-120 г/растение ($p = 0,001$). Дополнительное опрыскивание растений в фазе пяти настоящих листьев 1 %-ным раствором биопрепарата формировало максимальную надземную массу (439 г/растение). Внесение гранул в почву с *Chlorella vulgaris* при пикировке растений обеспечило наибольшее число листьев (35/растение) и их массу (248 г/растение). Это может свидетельствовать о том, что данный способ применения микроводорослей характеризуется высокой эффективностью и биодоступностью для растений на всем протяжении периода вегетации от проростков до плодоношения. В качестве примера положительного влияния хлореллы на рост и развитие растений служат исследования [11]. В варианте опыта с использованием суспензии хлореллы у растений томата не только отчетливо выделялся главный корень, но и развивались придаточные корни. За счет их укоренения и развития при пересадке в открытый грунт отмечалось положительное действие на увеличение массы плодов и, соответственно, урожайность томата.

Основополагающим фактором развития растений и формирования урожая плодов является фотосинтез. Для достижения максимальной урожайности культуры важную роль играет быстрое образование оптимальной площади листьев. При этом условия растения способны усваивать солнечную энергию, необходимую для синтеза сахаров, аминокислот, белков, ферментов и других соединений, из которых создаются новые клетки, ткани и органы растений [12].

Главный показатель вегетативного состояния растений – площадь листовой поверхности. Лист у растений – это основной ассимилирующий орган, в котором образуются органические вещества, служащие строительным материалом для всего организма. Но при этом чрезмерное развитие листовой массы и значительное потребление ассимилянтов могут вызвать их недостаток при формировании генеративных органов. Вследствие густой облиственности растения ухудшаются условия освещения, особенно нижних листьев, снижается интенсивность фотосинтеза, что в результате может отрицательно сказаться на продуктивности растений, их урожайности.

Существенное увеличение количества листьев по сравнению с контролем в варианте опыта с замачиванием семян томата и опрыскиванием рассады 1 %-ным раствором суспензии *Chlorella vulgaris* привело к достоверному увеличению площади листьев до 8626 см² ($p = 0,000$) (рис. 1). Формирование площади листьев в наибольшей степени (53 %) зависело от применяемых в производстве рассады биопрепаратов.

Определение удельной поверхностной плотности листьев, позволяющей оценить светопроницаемость и толщину листа, показало улучшение на 7-14 % величины этого параметра во всех экспериментальных вариантах опыта по сравнению с контролем. В варианте опыта, где использовалось замачивание семян с последующим опрыскиванием раствором *Chlorella vulgaris*, этот показатель достигал 0,32 г/дм² ($p = 0,002$).

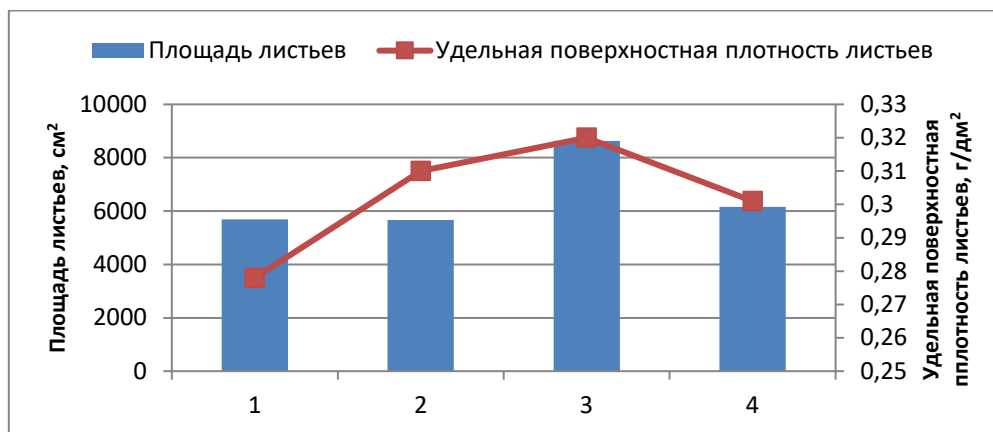


Рис. 1. Площадь листьев и удельная поверхностная плотность листьев томата:
1 – контроль; 2 – замачивание в 1 %-ном р-ре; 3 – замачивание + опрыскивание 1 %-ным р-ром;
4 – замачивание в 1 %-ном р-ре + гранулы

Учет биометрических показателей плодов томата в фазе созревания, проведенный по количеству плодов с одного растения и средней массе плодов, показал, что в контрольном варианте количество плодов составляло в среднем за период наблюдений 11 шт. с растения при средней массе плода 107 г (табл. 2).

Применение биопрепаратов с хлореллой приводило к увеличению количества плодов на растении и к снижению средней массы плода. Так при замачивании семян в 1 %-ном растворе число плодов на 1 растении составило 13. При этом средняя масса плода стала меньше на 16 г. В вариантах опыта, где применяли замачивание семян с опрыскиванием растений и с внесением гранул отмечено статистически достоверное увеличение числа плодов до 16 на 1 растении. Средняя масса плодов в этих вариантах опыта различалась незначительно и не превышала 96-97 г. Таким образом, биопрепарат на основе микроводоросли существенно не повлиял на такой биометрический показатель как средняя масса плода, что обусловлено увеличением количества плодов на растении.

2. Биометрические показатели плодов томата
(в среднем за 2022-2023 г.)

Вариант	Число плодов на 1 растении	Средняя масса плода, г
Контроль (замачивание в воде)	11,3	106,8
Замачивание в 1 %-ном р-ре	13,3	91,3
Замачивание + опрыскивание 1 %-ным р-ром	16,3	95,8
Замачивание в 1 %-ном р-ре + гранулы	15,9	97,0
<i>pA (вариант)</i>	0,000*	0,028*
<i>pB (год)</i>	0,000*	0,022*
<i>pAB (взаимод.)</i>	0,000*	0,004*

Оценка урожайности томата по вариантам опыта (рис. 2) показала, что наибольшая урожайность (6 кг/м²) отмечена в вариантах, где применяли замачивание семян и опрыскивание растений в фазе пяти настоящих листьев, а также замачивание семян с последующим внесением при пикировке гранул. По сравнению с контролем биопрепараты повысили урожайность на 31 и 27 % соответственно.

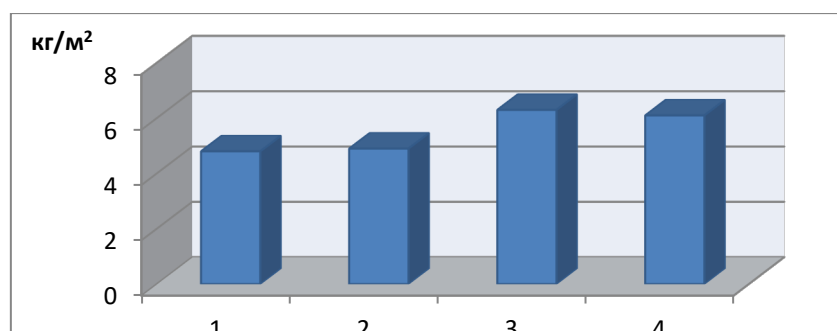


Рис. 2. Урожайность томата:
1 – контроль; 2 – замачивание в 1 %-ном р-ре; 3 – замачивание + опрыскивание 1 %-ным р-ром;
4 – замачивание в 1 %-ном р-ре + гранулы (*pA (вариант)* = 0,000; *pB (год)* = 0,000; *pAB (взаимод.)* = 0,000)

Данные результаты коррелируют с биометрическим показателем количества плодов с одного растения и позволяют судить о положительном действии микроводоросли за счет содержания в ней фитогормонов, влияющих на развитие растений. Простое замачивание семян не показало достоверных результатов, урожайность данного опытного варианта оказалась примерно на одном уровне с контролем и не была принята во внимание.

Томат относится к одному из наиболее популярных овощей. Отмечают [13], что улучшение их вкусового и биохимического качества возможно в результате

снижения содержания нитратов и увеличения содержания сахара. Содержание нитратов, кроме того, является одним из важнейших показателей безопасности свежей овощной продукции. Нитратный азот в овощных культурах накапливается с различной интенсивностью. Отдельные сельскохозяйственные культуры даже при внесении большого количества азотсодержащих удобрений не накапливают нитраты в выращенном урожае. В данном случае содержание солей азота в овощах будет колебаться от 10 до 150 мг/кг. К таким сельскохозяйственным культурам относится томат. Содержание нитратов

в плодах томата экспериментальных делянок оказалось в 1,3-1,9 раза меньше, чем их предельно допустимая концентрация в условиях открытого грунта (150 мг/кг). *Chlorella vulgaris* способствовала снижению уровня нитратов на 10 % при замачивании семян в растворе биопрепарата (табл. 3). При замачивании семян и внесении гранул с *Chlorella vulgaris* отмечено повышение содержания нитратов в плодах томата на 28 % по сравнению с контролем. По-видимому, гранулы биопрепарата, вносимые непосредственно на поверхность почвы, образовали корочку, которая способствовала интенсивному накоплению и фиксации азота.

3. Содержание нитратов и биохимический состав плодов томата (среднее за 2022-2023 г.)

Вариант	Нитраты, мг/кг	Сухие вещества, %	Сахара, %	Витамин С, мг/100 г
Контроль (замачивание в воде)	88,3	6,15	3,58	26,09
Замачивание в 1 %-ном р-ре	79,2	5,44	3,46	27,61
Замачивание + опрыскивание 1 %-ным р-ром	88,1	5,90	3,64	29,90
Замачивание в 1 %-ном р-ре + гранулы	113,0	5,44	3,54	21,32
рА (вариант)	0,000*	0,000*	0,465	0,000*
рВ (год)	0,991	0,017*	0,000*	0,038*
рАВ (взаимод.)	0,013*	0,006*	0,082	0,029*

Пищевая ценность овощей обуславливается содержанием в них углеводов, белков и других азотистых соединений, минеральных или зольных веществ и витаминов. Понимание изменчивости количественного и качественного биохимического состава необходимо для выращивания и сохранения урожая овощей. Биохимический состав плодов томата зависит от почвенно-климатических условий, агротехники и сортовых особенностей [14]. Известно, что плоды с повышенной концентрацией сухих веществ имеют хорошие вкусовые качества, дают больший выход продукции при переработке, обладают лучшими транспортабельностью и лежкостью при хранении. Результаты биохимического анализа плодов томата на содержание сухого вещества, сахаров и витамина С, показали, что в зависимости от способа внесения биопрепарата их значения различались по сравнению с контрольным вариантом. Применение биопрепарата на основе микроводоросли при выращивании рассады томата приводило к снижению концентрации сухих веществ в плодах на 0,3-0,7 % по сравнению с контролем.

Снижение концентрации сухого вещества на фоне применения биопрепаратов при производстве рассады томата не оказало прямого влияния на содержание сахара и витамина С в плодах, что подтверждают результаты исследований [15]. При изучении коллекционных, селекционных и гибридных образцов культурного и некоторых видов дикорастущих томатов установлена слабая взаимосвязь содержания аскорбиновой кислоты с содержанием сухих веществ ($r = 0,32$). Концентрация сахара в плодах томата была на близком уровне (3,46-3,64 %, $p = 0,465$).

В томате витамин С существует в двух водорастворимых биологических формах: аскорбат (восстановленная форма) и дегидроаскорбиновая кислота (окисленная форма). Обе формы присутствуют во всех клеточных компонентах тканей, находящихся в стадии

активного роста и развития. В послеуборочный период содержание аскорбиновой кислоты значительно снижается в процессе хранения, но содержание витамина С демонстрирует значительную стабильность, если выразить его как сумму аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот. Установлено, что биопрепараты с культурой *Chlorella vulgaris* и способы их применения достоверно влияли на концентрацию витамина С в плодах. Варианты опыта с замачиванием семян в 1 %-ном растворе микроводоросли, с замачиванием и последующим опрыскиванием растений в 1 %-ном растворе в фазе пяти настоящих листьев показали увеличение содержания витамина С на 2-4 мг/100 г ($p = 0,000$). Существенное снижение содержания витамина С в среднем за годы исследований до 21,3 мг/100 г стабильно проявлялось по годам. Снижение содержания витамина С при применении гранул биопрепарата, возможно, обусловлено лучшей обеспеченностью почвы минеральным азотом, что вполне согласуется с данными по содержанию нитратов в плодах томата этого варианта. Улучшение условий азотного питания растений может вызывать снижение содержания витамина С по косвенной причине, связанной с увеличением густоты и массы листьев, что отмечалось у этого варианта опыта. При оценке биохимического состава плодов томата по ряду показателей выделялся вариант с применением *Chlorella vulgaris* для замачивания и опрыскивания растений 1 %-ным раствором. При таком способе получения рассады культуры отмечалось максимальное содержание сахара (3,6 %) и витамина С в плодах (29,9 мг/100 г). Следует отметить, что факторы, влияющие на качество томата, сложны и взаимосвязаны, и необходимы дополнительные исследования для закрепления знаний о реальных взаимосвязях.

Заключение. Результаты микрополевого опыта показали, что биопрепараты на основе микроводоросли *Chlorella vulgaris* и способы их применения на томате открытого грунта определяли продукционный потенциал культуры и качество продукции. Замачивание семян в 1 %-ном растворе биопрепарата с последующим опрыскиванием рассады, а также с внесением гранул в почву при пикировке растений увеличивало их надземную фитомассу на 59-120 г, число листьев на 4-7 и массу листьев на 50-71 г/растение по сравнению с контролем. В этих вариантах опыта получено максимальное число плодов на растении (16), урожайность томата достигала 6 кг/м². Технология получения рассады томата с замачиванием семян и последующим опрыскиванием растений 1 %-ным раствором суспензии *Chlorella vulgaris* благоприятно отразилась на биохимическом составе плодов томата.

Литература

1. Кураченко Н.Л., Коваленко О.В., Казюлин Л.Ф. Влияние микроводорослей на посевные качества семян гороха и яровой пшеницы // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 35-39.
2. Мухина М.Т., Кориунов А.А., Ламмас М.Е. Вознесенская Т.Ю. Эффективность регуляторов роста в посевах моркови в условиях Нижнего Поволжья // Плодородие. – 2022. – №1. – С. 14-16.
3. Черемисин А.И., Шулико Н.Н., Золотарева З.А. Формирование урожая, качество семенного картофеля и биологические свойства ризосферы при применении биопрепаратов // Плодородие. – 2023. – №3. – С. 67-70.
4. Шалыго Н.В., Мельников С.С. Хозяйственно полезные виды водорослей // Наука и инновации. – 2009. – №3 (73). – С. 34.
5. Выделение ценных компонентов из биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* / Ю. Г. Базарнова, Н. А. Политаева, Т. А.

- Кузнецова, А. Тоуми // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 176-179.
6. Богданова А.А., Флёрова Е.А., Паюта А.А. Влияние условий культивирования на качественные и количественные показатели *Chlorella vulgaris* // Химия растительного сырья. – 2019. – №4. – С. 293–304.
7. Paudel Y.P., Pradhan S., Pant B., Prasad B. N. Role of blue green algae in rice productivity // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2012. – V.3. – N8. – P. 332–335.
8. Шалыго Н. Микроводоросли и цианобактерии как биоудобрение // Наука и инновации. – 2019. – № 3. – С. 10-12.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Продуктивность томата при применении микроэлементов и биологически активных веществ / М. В. Селиванова, Е. С. Романенко, Е. А. Сосюра [и др.] // Овощи России. – 2017. – № 4(37). – С. 91-95.
11. Климкина М.Э., Кукушева А.Н., Калиева А.Б. Эффективность применения суспензии хлореллы в качестве биостимулятора семян томата // Вестник Торайгыров университета. – 2023. – № 1. – С. 47-57.
12. Козлова И.В., Гришанин А.И., Бут Н.Н. Продуктивность фотосинтеза консервных сортов и гибридов томата // Рисоводство. – 2019. – № 1(42). – С. 73-77.
13. Бочарникова Е.А., Касацкий А.А., Матыченков В.В. Влияние аморфного кремнезема на продуктивность и качество томата // Агрохимия. – 2023. – № 10. – С. 61-65.
14. Велижанов Н.М. Агробиологическая характеристика и качественная оценка детерминантных сортов томата // Горное сельское хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 98-101.
15. Курина А.Б., Соловьева А.Е., Храпалова И.А., Артемьева А.М. Биохимический состав плодов томата различной окраски // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – № 25(5). – С. 514-527.

EFFECT OF BIOLOGICAL PRODUCTS BASED ON MICROALGAE *CHLORELLA VULGARIS* CULTURE ON TOMATO PRODUCTIVITY

**N.L. Kurachenko, Doctor of Biological Sciences, Abakumova N.V.,
Krasnoyarsk State Agrarian University
Krasnoyarsk, Mira Ave., 90, e-mail: kurachenko@mail.ru**

The results of testing biological products based on the microalgae culture Chlorella vulgaris on the yield and biochemical characteristics of tomato fruits cultivated in open ground conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe are presented. It was found that treatment of tomato seeds with a 1% solution of Chlorella vulgaris with additional spraying with a biological product in the phase of 5 true leaves and the introduction of granules with Chlorella vulgaris into the soil during picking had a beneficial effect on the leaf apparatus of plants and crop productivity. In these experimental variants, an increase in above-ground phytomass was noted by 59-12 g/plant, an increase in the number of fruits by 5 pieces/plant and an increase in yield by 1,3-1,5 kg/m² compared to the control (p < 0,05). When tomato seedlings were obtained by soaking the seeds and spraying the plants with a 1% solution of Chlorella vulgaris suspension, the maximum content of sugar (3,6%) and vitamin C in tomato fruits (29,9 mg/100g) was observed.

Key words: tomato, biological products, microalgae, crop structure, yield, biochemical parameters.