

ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕМЯН ТОМАТОВ

УДК 631.461:631.466.3:581.14:635.64



Юлия Бачура,

доцент кафедры ботаники и физиологии растений Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, кандидат биологических наук;
julia_bachura@mail.ru

Аннотация. В статье содержится подробный анализ опытов, устанавливающих влияние фотосинтезирующих микроорганизмов на всхожесть и рост томатов. Автор делится наблюдениями за несколькими вариантами эксперимента с использованием двух видов биопрепаратов с соблюдением различных условий. Выводы, основанные на данных исследования, позволяют применять микроводоросли и цианобактерии в качестве стимулятора развития сельскохозяйственных культур как экологичный метод увеличения урожайности в аграрной отрасли.

Ключевые слова: микроводоросли, цианобактерии, фотосинтезирующие микроорганизмы, рост и развитие, семена, томаты, культуральные жидкости, ресурсосбережение, экология, сельское хозяйство.

Для цитирования: Бачура Ю. Влияние культуральной жидкости микроводорослей и цианобактерий на рост и развитие семян томатов // Наука и инновации. 2020. №9. С. 72–77.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-9-72-77>

Химизация и индустриализация аграрной отрасли повлекли за собой ухудшение состояния почвенного покрова, которое выражается в снижении плодородия почв, прогрессивном накоплении в них тяжелых металлов, усилении процессов эрозии, упрощении структуры агроландшафтов. Подобные изменения обусловили формирование новой концепции, направленной на применение ресурсосберегающих приемов и эколого-биосферных способов ведения сельского хозяйства [1].

Все большую актуальность приобретает использование биопрепаратов, среди которых устойчивое положение занимают средства на основе микроводорослей и цианобактерий, представляющих собой ценный возобновляемый сырьевой ресурс [2, 3]. Эти фотосинтезирующие микроорганизмы обогащают почву фосфором, калием и значительным количеством микроэлементов, способствуют нако-

плению органических и минеральных форм азота; могут изменять pH почвенного раствора в сторону нейтральной реакции и повышать водоудерживающую способность плодородного слоя до 50%; выделяют биологически активные вещества, ускоряющие рост корней и стимулирующие жизнедеятельность многих полезных простейших организмов; пополняют альгоцианобактериальную микрофлору; быстро разлагаются и не засоряют окружающую среду семенами [4–6].

В литературе имеются сведения о положительном влиянии водорослей и цианобактерий на рост и развитие высших растений, полученные как в странах постсоветского пространства, так и в других регионах мира [7–12]. Исследования в данной области проводятся и в Беларуси – следует отметить работы А.В. Кильчевского, С.С. Мельникова, Е.Е. Мананкиной Н.В. Шалыго.

При этом существует ряд вопросов, требующих детального изучения: в какой форме и в какие сроки оптимально внесение данных микроорганизмов, какие из них отличаются наибольшей эффективностью при обработке той или иной растительной культуры (что особенно актуально в условиях новых тенденций развития сельского хозяйства и активизации биотехнологических исследований). Исходя из всего изложенного, целью работы являлось изучение воздействия культуральной жидкости микроводорослей и цианобактерий на рост томатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения опытов использовали культуры эвритермного представителя, способного существовать в широком диапазоне экологических условий, *Eustigmatos* (Hibberd, 1981) и цианобактерии-азотфиксатора *Nostoc* (Vaucher ex Bornet et Flahault, 1886).

Культивирование обоих видов микроорганизмов осуществляли на основной среде Болда (*Bold basal medium* – *BBM*) [13–15] при температуре 20 ± 3 , 10/14-часовом чередовании световой и темновой фаз и освещении 3500–4000 лк с барботированием в дневное время. Определение количества клеток микроводорослей и цианобактерий проводили с помощью камеры Горяева по стандартной методике [8].

В качестве тестовой культуры использовали томат (*Solanum lycopersicum* L.) сорта белорусской селекции «Перемога-165». Семена отбирали по размерам и раскладывали на двух слоях фильтровальной бумаги в пластиковые емкости по 10 штук в пятикратной повторности для каждого варианта опыта. В каждый поддон приливали по 5 мл жидкости в соответствии с условиями эксперимента: 1) контроль I (*BBM*); 2) контроль II (дистиллированная вода); 3) опыт I (культура водоросли или цианобактерии исходная); 4) опыт II (культура водоросли или цианобактерии, разбавленная в пропорции 1:1 дистиллированной водой). Использовали два контрольных варианта с целью выявления влияния состава среды на морфометрические показатели растений. На 5-е и 10-е сутки доливали по 2 мл жидкости в соответ-

ствии с вариантами опыта. Эксперимент проводили при естественном освещении без предварительного замачивания семян и с их замачиванием на один, два и четыре часа.

В ходе исследований определяли энергию прорастания и всхожесть посевного материала, измеряли морфометрические показатели проростков (масса, длина корней и побегов). Оценку и учет проросших семян проводили в соответствии с ГОСТом 12038–84 [16].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программных продуктов *Statistica* (Version 10) и *Microsoft Excel*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБОБЩЕНИЕ

Одноклеточные водоросли рода *Eustigmatos* (вид *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) D.J. Hibberd) имеют следующий таксономический статус: отдел *Xanthophyta*, класс *Eustigmatophyceae*, порядок *Eustigmatales*, семейство *Eustigmataceae* [17]. Плотность клеток *Eustigmatos magnus* в культуре составила 29,7 млн клеток на 1 мл культуры.

Клетки эустигматоса чаще всего имели шаровидную или эллипсоидную форму (рис. 1).

Представители рода *Eustigmatos* обнаружены в различных почвах, в том числе и антропогенно преобразованных, что свидетельствует об их высокой пластичности к неблагоприятным условиям среды.

При использовании культур микроводорослей рода *Eustigmatos* наибольшие показатели энергии прорастания томатов отмечены в эксперименте с предварительным замачиванием семян (68–92%). В вариантах опыта с исходной и разбавленной культурами эустигматоса

данный показатель увеличивался при замачивании семян на 1 и 2 часа, однако несколько снижался при 4-часовом.

Всхожесть не имела четкой зависимости от времени замачивания и варьировала в пределах от 60 до 94%. Максимальные показатели параметра отмечены в контрольных вариантах опыта с предварительным замачиванием посевного материала на 4 часа – 90–94%.

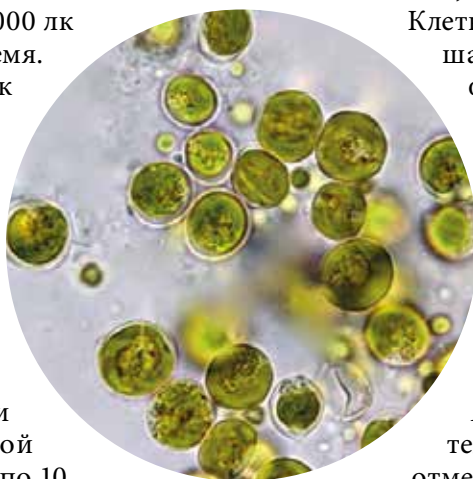
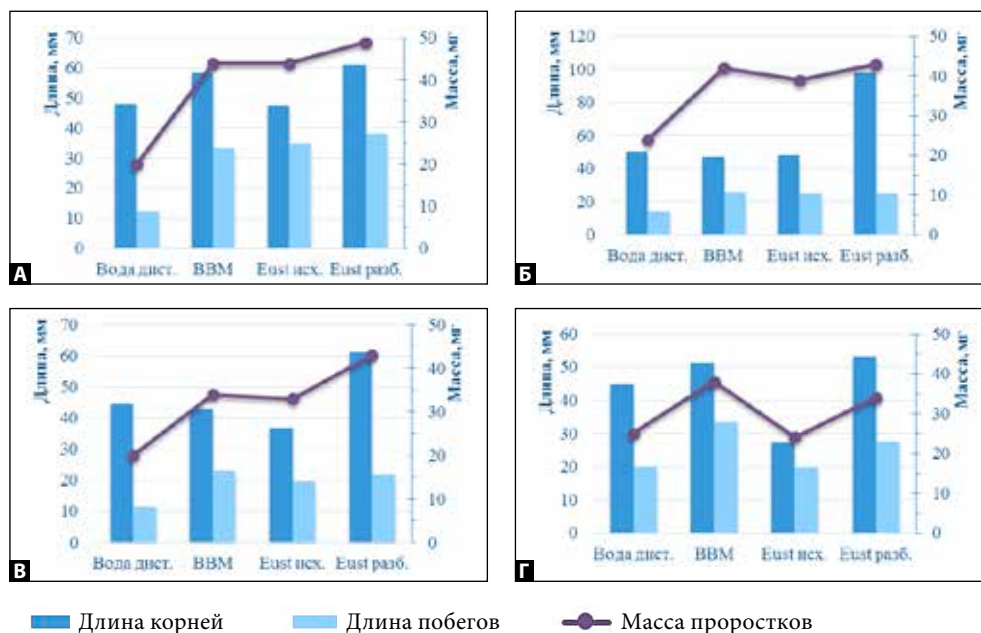


Рис. 1. *Eustigmatos magnus*

Рис. 2. Сравнение морфометрических показателей проростков томатов при использовании микроводорослей рода *Eustigmatos*:

А – эксперимент без предварительного замачивания семян;

Б, В, Г – эксперименты с замачиванием семян на 1, 2 и 4 часа соответственно



Без предварительного замачивания семян максимальные показатели средней длины корней, побегов и массы проростков зафиксированы при использовании разбавленной культуры *Eustigmatos* (61,28 мм, 38,02 мм и 0,049 г соответственно, рис. 2). Минимальная средняя длина корней наблюдалась при работе с исходной культурой водоросли (47,60 мм), минимальные средние длина побегов и масса – с дистил-

лированной водой (12,36 мм; 0,020 г). Наибольшая длина корней (134 мм) отмечена в варианте опыта с дистиллированной водой, длина побегов и масса проростков – с разбавленной культурой водоросли (64 мм и 0,084 г соответственно).

При предварительном замачивании семян на 1 час максимальные показатели средней длины корней также были получены в варианте с разбавленной культурой *Eustigmatos* (61,34 мм); минимальные – с исходной культурой водоросли (36,88 мм). Максимум по длине корней отмечен в случаях применения разбавленной культуры *Eustigmatos* (105 мм). Средняя длина побегов была наибольшей в случае опыта с основной средой Болда, она составляла 23,06 мм; наименьшей – с дистиллированной водой (11,42 мм). Средняя масса проростков оказалась наибольшей при использовании разбавленной культуры *Eustigmatos* (0,043 г); наименьшей – в опыте с дистиллированной водой (0,020 г). Максимальная длина побегов и масса проростков зафиксированы в варианте с основной средой Болда (48 мм и 0,097 г соответственно).

При увеличении времени замачивания семян до 2 часов максимальные показатели средней длины корней также были зафиксированы в опыте с разбавленной культурой *Eustigmatos* (97,94 мм); минимальные – с основной средой Болда (47,42 мм). Средняя длина побегов была наибольшей при эксперименте с основной средой Болда (25,70 мм); наименьшей – в варианте с дистиллированной водой (14,18 мм). Наибольшая средняя масса проростков

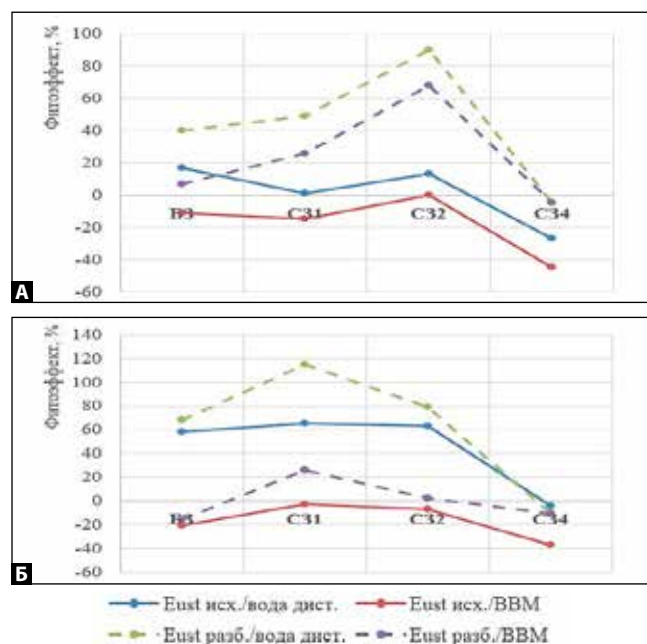


Рис. 3. Влияние микроводорослей рода *Eustigmatos* на длину (А) и массу (Б) проростков томатов

выявлена при использовании разбавленной культуры *Eustigmatos* (0,043 г); наименьшая – в варианте с дистиллированной водой (0,024 г). Максимальная масса проростков отмечена в случае применения в опыте среды Болда (0,151 г).

В случае предварительного замачивания семян на 4 часа наблюдалось некоторое снижение средней длины корней, которое варьировалось от 27,36 мм (опыт с исходной культурой водоросли) до 53,20 мм (вариант с разбавленной культурой); максимум показателя был отмечен в варианте опыта с разбавленной культурой водоросли (105 мм). Средняя длина побега была наибольшей в эксперименте с основной средой Болда (33,52 мм); наименьшей – с исходной культурой микроводоросли (19,76 мм); максимум зафиксирован в варианте опыта с основной средой Болда (48 мм). Средняя масса проростков оказалась наибольшей при опыте с основной средой Болда и составила 0,038 г; наименьшей – с исходной культурой микроводоросли (0,024 г). Максимальная масса проростков отмечена в варианте с основной средой Болда (0,097 г).

Сравнение фитозффектов при использовании культур микроводоросли рода *Eustigmatos* (рис. 3) показало, что наибольшее стимулирующее действие на длину проростков томатов оказала разбавленная культура микроводоросли – фитозффекты варьировали в пределах 40–90% относительно контроля с дистиллированной водой и 7–68% – с основной средой Болда; незначительное уменьшение длины проростков отмечено в эксперименте с замачиванием семян на 4 часа. Исходная культура микроводоросли оказала как положительные, так и отрицательные фитозффекты, касающиеся длины проростков, а их массу стимулировала разбавленная культура эустигматоса: фитозффекты варьировали в пределах 68–115% относительно контроля с водой и 2–26% – относительно основной среды Болда.

При этом оптимальные показатели получены в опытах с замачиванием семян на 1 и 2 часа. Использование исходной культуры водоросли приводило к снижению массы проростков по сравнению с основной средой Болда.

В ходе проведенных экспериментов установлено, что культура водоросли рода *Eustigmatos* оказывает стимулирующее действие на энергию прорастания

семян томатов без их предварительного замачивания, на длину проростков – при предварительном замачивании на 2 часа, на массу проростков – при замачивании на 1 час. Увеличение времени замачивания семян до 4 часов приводит к снижению всех фиксируемых показателей. Наибольшим стимулирующим действием обладает разбавленная культура микроводоросли, что, вероятно, обусловлено ингибирующим влиянием на рост и развитие проростков водорослевых метаболитов при их избытке.

Цианобактерии рода *Nostoc* имеют следующий таксономический статус: отдел *Cyanobacteria*, класс *Cyanophyceae*, порядок *Nostocales*, семейство *Nostocaceae* [18, 19]. Плотность клеток в культуре ностока составила 25,6 млн клеток на 1 мл культуры. Колонии ностока имели эллипсоидную, реже шаровидную или приплюснутую форму (рис. 4). Данные цианобактерии интересны тем, что помимо оксигенного фотосинтеза осуществляют азотфиксацию, способствуя обогащению почвы как органическим веществом, так и азотом.

При проведении экспериментов с культурой ностока энергия прорастания варьировала в пределах 42–92%. Увеличение времени замачивания семян приводило к повышению дружности всходов при работе с дистиллированной водой, основной средой Болда и разбавленной культурой ностока. Некоторое снижение энергии прорастания с увеличением времени замачивания семян отмечено при эксперименте с исходной культурой *Nostoc*, что, возможно, обусловлено накоплением в культуре слизи, затрудняющей процесс прорастания. Средняя всхожесть семян составила

83%; четкой зависимости всхожести от вариантов опыта и времени замачивания не установлено.

В опытах, проводимых без предварительного замачивания семян, средние длины корней и побегов оказались наибольшими при применении разбавленной культуры *Nostoc* (70,92 мм и 38,54 мм), наименьшая средняя длина корней зафиксирована в опыте с исходной культурой ностока (47,86 мм), а длина побегов – с дистиллированной водой (12,36 мм, рис. 5). Максимумы по длине корней и побегов выявлены при использовании разбавленной культуры (131 мм и 54 мм соответственно), массе проростков – в варианте с основной средой Болда (0,044 г); минимум – с дистиллированной водой (0,020 г). Наиболь-

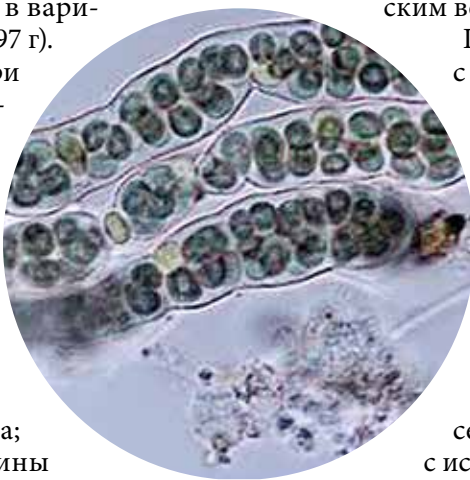


Рис. 4. *Nostoc* sp.

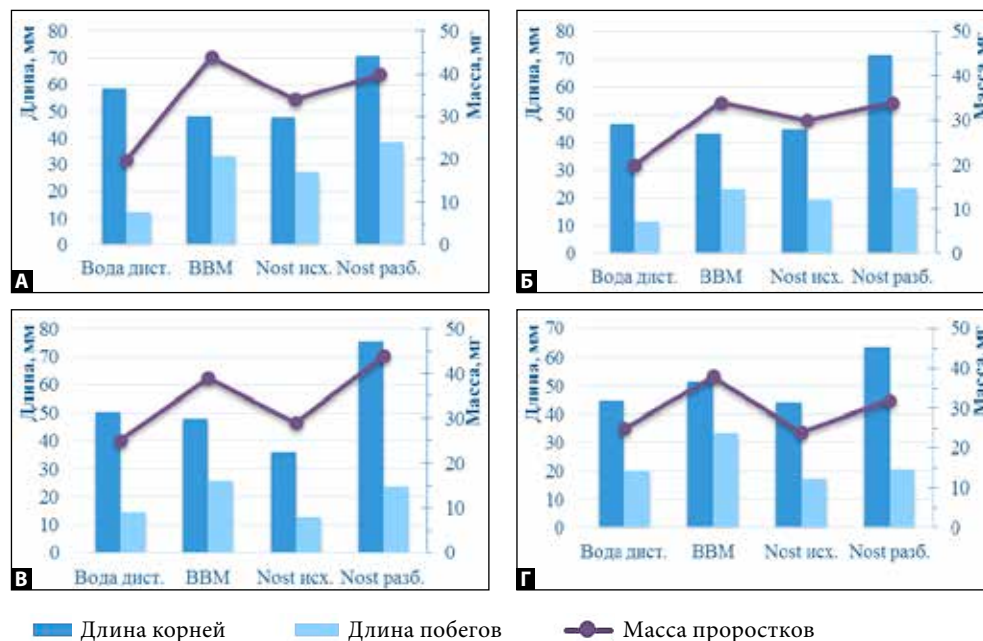


Рис. 5. Сравнение морфометрических показателей проростков томатов при использовании цианобактерий рода *Nostoc*: А – эксперимент без предварительного замачивания семян; Б, В, Г – эксперименты с замачиванием семян на 1, 2 и 4 часа соответственно

шая масса проростков отмечена в опытах с основной средой Болда (0,084 г).

При проведении эксперимента с предварительным замачиванием семян на 1 час для средней длины проростков обнаружена закономерность, аналогичная проращиванию без замачивания семян: средние длины корней и побегов оказались наибольшими при работе с разбавленной культурой *Nostoc*

(71,66 мм и 23,34 мм). Наименьшая средняя длина корней зафиксирована в варианте с основной средой Болда (43,12 мм), длина побегов – с дистиллированной водой (11,42 мм). К наибольшей средней массе проростков приводило использование разбавленной культуры *Nostoc* и основной среды Болда (0,034 г); к наименьшей – дистиллированной воды (0,020 г). Максимальный показатель длины корней выявлен при опытах с разбавленной культурой *Nostoc* (106 мм), длины побегов и массы проростков – с основной средой Болда (48 мм; 0,085 г).

В эксперименте с предварительным замачиванием семян на 2 часа наибольшие показатели средней длины корней и массы проростков были зафиксированы в варианте с разбавленной культурой *Nostoc* (75,20 мм; 0,044 г), длины побегов – с основной средой Болда (25,70 мм).

Наименьшие средние длины корней и побегов отмечены в случае применения исходной культуры цианобактерии (35,78 мм и 13,06 мм), минимальная масса – дистиллированной воды (0,025 г). Максимумы длины корней и побегов получены в варианте опыта с основной средой Болда (152 мм и 52 мм), массы проростков – с разбавленной культурой *Nostoc* (0,108 г).

После предварительного замачивания семян на 4 часа наибольшей средней длиной корней (63,52 мм) отличились опыты с разбавленной культурой *Nostoc*; средней длиной побегов и массой – с основной средой Болда (33,52 мм и 0,038 г). Наименьшие средние значения зафиксированы при работе с исходной культурой цианобактерии: длина

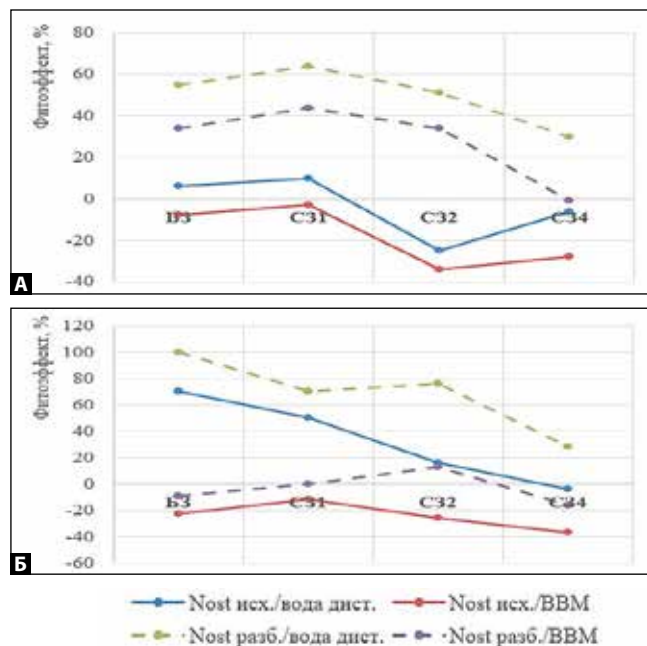


Рис. 6. Влияние цианобактерий рода *Nostoc* на длину (А) и массу (Б) проростков томатов

корней (44,10 мм), побегов (17,12 мм), масса проростков (0,024 г). Максимальная длина корней выявлена в варианте с разбавленной культурой *Nostoc* (109 мм), побегов и масса проростков – с основной средой Болда (52 мм; 0,081 г).

При изучении влияния культур цианобактерий рода *Nostoc* на длину проростков томатов наиболее ощутимые фитозффекты наблюдались при использовании разбавленной культуры цианобактерии – 34–44% относительно контроля с основной средой Болда и 30–64% – с дистиллированной водой (рис. 6). Исходная культура цианобактерии давала положительную динамику только относительно контроля с дистиллированной водой без предварительного замачивания семян и с замачиванием их на 1 час.

Сравнение влияния культур цианобактерии рода *Nostoc* на массу проростков томатов показало, что наибольшее положительное влияние на развитие растений оказала разбавленная культура ностока – фитозффект относительно дистиллированной воды составил 28–100%, относительно основной среды Болда – до 13%. При использовании исходной культуры ностока положительные фитозффекты отмечены только относительно варианта с дистиллированной водой.

Таким образом, культура цианобактерии рода *Nostoc* оказывает стимулирующее действие на энергию прорастания семян без их предварительного замачивания, на длину проростков томатов – при предварительном замачивании семян на 2 часа (аналогично с культурой *Eustigmatos*). На массу проростков повлияла только разбавленная культура ностока при предварительном замачивании на 2 часа. Увеличение времени замачивания посевного материала до 4 часов приводило к снижению всех фиксируемых показателей. Наибольшее стимулирующее воздействие на морфометрические характеристики томатов оказала разбавленная культура цианобактерии.

Проведенные лабораторные исследования выявили, что культуры микроводорослей рода *Eustigmatos* и цианобактерий рода *Nostoc* могут ускорять рост и развитие томатов. Установлено, что с этой целью оптимально использовать разбавленные культуры микроводорослей и цианобактерий (фитозффекты составили 7–90% по длине проростков и 2–115% – по их массе). Обнаружено, что предварительное замачивание семян в культуральных жидкостях более результативно при внесении в качестве стимулятора роста эустигматоса, чем ностока; оптимальное время замачивания составляет 1–2 часа. Обнаружено, что стимулирующее действие микроводорослей рода *Eustigmatos* на семена

томатов выше, чем цианобактерий рода *Nostoc*, что связано со способностью последних к слизиобразованию. Выполненное исследование создает предпосылки для дальнейшего проведения подобных экспериментов с использованием других культур вышедших растений, водорослей и цианобактерий с целью подбора универсального стимулятора развития сельскохозяйственных культур среди фотосинтезирующих микроорганизмов. ■

■ **Summary:** In the article influence of microalgae cultures of the genus *Eustigmatos* and cyanobacteria of the genus *Nostoc* on the growth and development of tomato seeds is considered. The optimality of using diluted cultures of microalgae and cyanobacteria is established. Pre-soaking seeds in culture fluids is more relevant when introduced as a stimulant for the growth of *Eustigmatos* cultures than *Nostoc* cultures; optimal soaking time is 1-2 hours. The stimulating effect of microalgae of the genus *Eustigmatos* on tomato seeds is higher than cyanobacteria of the genus *Nostoc* in the experiment is shown.

■ **Key words:** soil algae and cyanobacteria, tomatoes, stimulating effect, *Eustigmatos*, *Nostoc*.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-9-72-77>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Овсянников Ю.А. Земледелие на пороге XXI века // Биология. 2000. №12. С. 18–21.
2. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор / Г.С. Минюк [и др.] // Морской экологический журнал. 2008. №7. С. 5–23.
3. Шалыго Н.В. Хозяйственно полезные виды водорослей / Н.В. Шалыго, Г.С. Мельников // Наука и инновации. 2009. №3 (73). С. 34–36.
4. Цоглин Л.Н. Биотехнология микроводорослей / Л.Н. Цоглин, Н.А. Пронина. – М., 2012.
5. Лукьянов В.А. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе / В.А. Лукьянов, А.И. Стифеев // Курск, 2014.
6. Михеева Т.М. Перспективы использования культивируемых и планктонных микроскопических водорослей Наука и инновации. 2018. №2 (180). С. 15–19.
7. Использование некоторых видов сине-зеленых азотфиксирующих водорослей в качестве биологического удобрения / С.Н. Доброжан [и др.] // Альгология. 2014. Т. 24. №3. С. – 426–429.
8. Влияние культуральной жидкости микроводорослей на рост и развитие семян корнеплодов / Э.А. Туктарова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №1–2. С. 127–130.
9. Role of blue green algae in rice productivity / Y.P. Paudel [et al.] // Agriculture and Biology Journal of North America. 2012. V.3. №8. P. 332–335.
10. Blue-green algal treatment and inoculation had no significant effect on rice yield in an acidic wetland soil / P.M. Reddy [et al.] // Phil. Agri. Special BGA ISSUE. 1986. V.69. P. 629–632.
11. Нгуен Тхи Куй. Морфологические и физиологические особенности сине-зеленой водоросли *Napalosis fontinalis* и возможности ее использования в повышении урожайности некоторых сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1987.

Статья поступила в редакцию 03.06.2020

Полный список использованных источников

SEE <http://innosfera.by/2020/09/microseaweed>