



**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**



**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный
агротехнологический университет»**



Микроорганизмы и плодородие почвы

**Материалы I Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием,
посвященной 90-летию со дня рождения
профессора Евгении Матвеевны Панкратовой**

Киров 2022

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет»**

МИКРООРГАНИЗМЫ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

МАТЕРИАЛЫ

**I Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием, посвященной 90-летию
со дня рождения
профессора Евгении Матвеевны Панкратовой**

Киров 2022

УДК 582.26;631.466
ББК 40.325

Микроорганизмы и плодородие почвы: материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Евгении Матвеевны Панкратовой. – Киров: Вятский ГАТУ, 2022. – 189 с.

Главный редактор – ректор Вятского государственного агротехнологического университета, доктор педагогических наук **Симбирских Е.С.**

Заместитель главного редактора – проректор по науке Вятского государственного агротехнологического университета, доктор технических наук **Курбанов Р.Ф.**

Ответственный за выпуск – декан агрономического факультета Вятского государственного агротехнологического университета **Тюлькин А.В.**

Редакционная коллегия:

Л.И. Домрачева, доктор биологических наук, профессор;

Ю.Н. Зыкова, кандидат биологических наук, доцент;

А.Л. Ковина, кандидат биологических наук, доцент;

Л.В. Трефилова, кандидат биологических наук, доцент.

В сборнике помещены статьи участников конференции. Опубликованные работы охватывают широкий круг вопросов, связанных с изучением систематики, экологии, физиологии, генетики, метаболизма микроорганизмов, их взаимоотношений с другими организмами, влияния на плодородие почв, а также их практического использования.

Сборник сверстан без редакторских правок. Ответственность за содержание материалов возлагается на авторов.

УДК 582.26:631.46

**К ЮБИЛЕЮ ЕВГЕНИИ МАТВЕЕВНЫ ПАНКРАТОВОЙ
(СВЕТ НЕГАСНУЩЕЙ ЗВЕЗДЫ)**

Домрачева Л.И.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
dli-alga@mail.ru

Как правило, к юбилеям ученых пишут статьи, где говорится о достижениях в науке, вкладе в определенную отрасль знания, учениках. По всем подобным формальным данным Евгения Матвеевна Панкратова относится к числу выдающихся ученых нашей страны, исследования которой показали, какова роль цианобактерий в создании плодородия почвы, в накоплении в ней «биологического» азота из-за способности проводить процесс азотфиксации. Опережая своё время, она выдвинула и гипотезу о потенциальной способности безгетероцистных цианобактерий в определенных условиях также фиксировать молекулярный азот [1-4].

Евгения Матвеевна подготовила много учеников, блестяще защищавших кандидатские диссертации по микробиологии в лучших вузах страны. В своих работах её аспиранты продолжали развивать идеи своего учителя о вкладе цианобактерий в процессы минерализации и гумификации в почве, о пределах их экологической толерантности, о возможности создания многовидовых консорциумов на основе цианобактерий для использования их в качестве многофункциональных биопрепаратов для обработки семян сельскохозяйственных культур в качестве стимуляторов роста, микробиологических удобрений, эффективных средств защиты растений от возбудителей болезней.

Но мне в этой статье хотелось бы рассказать немного о другом, кем была для меня и очень многих Евгения Матвеевна как человек, друг, преподаватель, коллега через призму её собственных воспоминаний.

Я узнала Евгению Матвеевну в середине 60-х годов, когда училась в пединституте, с 1-го курса занималась микробиологией под руководством Бориса Владимировича Бойкова, который долгие годы был военным микробиологом и участвовал в ликвидации многих страшных эпидемий, включая чуму в 30-е годы в Средней Азии. На одном из заседаний Кировского отделения микробиологического общества Борис Владимирович выступал с докладом о фильтрующихся формах микробов воздуха. И при обсуждении этого доклада я впервые услышала Евгению Матвеевну. Нас учили великолепные преподаватели, но такого эмоционального, яркого, глубокого выступления я, наверное, не слышала никогда прежде. Тогда ей было чуть больше 30 лет; молодая, стройная, красивая, с безупречно правильной речью, она запоминалась сразу и навсегда.



Кафедра ботаники КСХИ. 70-е гг.

В 1970 г. я поступила в аспирантуру к Эмилии Адриановне Штиной на кафедру ботаники Кировского сельхозинститута, где работала Евгения Матвеевна и готовила свою докторскую диссертацию. Посещая её занятия по физиологии растений, лекции и учебную практику, понимала, и сейчас считаю, что более блестящего лектора, знающего свою дисциплину до мелочей, связывающего теоретические знания с нуждами и запросами сельского хозяйства, найти трудно, практически невозможно. Я видела зачарованную аудиторию, когда бы и где бы она ни выступала; студенты-второкурсники, маститые ученые, агрономы из хозяйств области, митингующие на площади. Наверное, это был врождённый дар, про который говорят «глаголом жечь сердца людей».

А потом были многолетние выступления с экологическими миниатюрами по областному радио, которые собирали многотысячные аудитории, на которые шли постоянные восторженные отзывы. В этих выступлениях поднимались и раскрывались темы, понятные и близкие всем: загадка красоты цветка; луна и жизнь; живые свидетели прошлого; загадочные свойства растений; растения нон-грата; водолей и растения; многовыгодный лён; прощание с садом; растения обороняются и др. Позднее, в 2016 г. на основе этих миниатюр была издана книга «Факты, догадки и загадки из жизни растений в миниатюрах» [5]. Думаю, посчастливилось тем, у кого есть эта книга или кто хотя бы прочитал её. Наверное, если бы такая книга была в каждой школе и её бы читали вместо учебников по биологии или вместе с учебниками биологии, мы в нашем университете получили бы много увлеченных и талантливых студентов.

Но делом жизни Евгении Матвеевны, наверное, стали не научные статьи (глубокие, блестяще написанные, опубликованные в самых значимых российских изданиях), а книга воспоминаний «Поколение 30-х годов XX века через призму жизненного опыта» [6]. Это откровенный, порой жесткий и беспощадный рассказ «о времени и о себе». Поясняя причины появления этой

книги, она пишет: «На долю автора этих записок пришлось десять довоенных лет, учеба и окончание школы (1939-1949 гг.), учеба в университете и окончание аспирантуры (1949-1958 гг.) и 53 года работы в сельскохозяйственном вузе.

Общаясь с вузовской молодежью, я впитывала её настрой и делилась моим пониманием мироустройства. Зачем я это пишу? Чтобы показать, что мои мысли, наблюдения, выводы есть в какой-то мере конгломерат наблюдений определенного слоя общества и надежда каждого стареющего человека быть полезным Родине».

«Я верю в общее здоровье нации, в наших детей и внуков. Надеюсь, что следующие поколения опередят нас не только в научно-техническом прогрессе, но и в области биотехнологий и инженерной генетики, продления активной жизни человека. Но, чтобы достигнуть элементарно справедливого социума, нужно, прежде всего, изменить экологию души, поднять ценности морально-этические, поднять самоуважение человека».

Через все страницы этой книги проходит образ очень цельного, очень чистого, думающего и переживающего за свою страну, свой город, свой институт, свою кафедру человека.

Родившись и проведя юность в любимом Саратове, большую часть жизни Евгения Матвеевна прожила в Кирове, для которого сделала очень много. Но сначала, после Саратова, Киров привел в шок. На страницах книги оживает эпоха 50-60-х годов. Евгения Матвеевна пишет: «Что представлял собой город Киров в 1958 году? Мы приехали поздним вечером. Было темно. Ноябрь. Деревянный вокзал с длинным забором, выкрашенным в синий цвет, вдоль железнодорожных путей болтающиеся на шнурах без абажуров 500-ваттовые лампы. Моросит дождь и везде глубокие лужи... На следующее утро, идя по городу, отмечаем, что тротуары деревянные, около универсама стоит колода с водой и швабра для мойки сапог. С грязными сапогами швейцар внутрь не пускает».

Рассказывая о сельхозинституте тех лет, Евгения Матвеевна отмечает, что главным его достоянием были кадры, ставившие его на уровень выше многих провинциальных сельскохозяйственных учреждений того же плана.

«В это время был самый расцвет кадрового развития вуза и его научной деятельности. Те, кто выжил и вернулся с войны, были отличные люди от тех, кто не прошел фронт. Дисциплина, целеустремленность, работоспособность, патриотизм – вот характеристика, приложимая к каждому. На них можно было положиться, они могли защитить в спорных ситуациях и прямо высказывать своё мнение начальству».

Этими же качествами в полной мере всегда обладала и сама Евгения Матвеевна: бескомпромиссная, отстаивающая свои позиции, свои принципы, горой стоящая за свой коллектив, своих коллег, своих сотрудников, она не боялась никого и ничего, высказывая своё мнение в любой аудитории, перед любым начальством. Стремление прийти на помощь любому в тяжелых жизненных ситуациях – неотъемлемое качество Евгении Матвеевны, и не важно при этом, что конкретный человек мог быть её недоброжелателем.

Она была душой любой компании и в минуты отдыха: с интересными рассказами, прекрасной игрой на пианино, легкой в танце, веселой в общении. Не случайно среди её друзей и поклонников были люди всех возрастов, разного уровня образования, разного социального положения. Дружба Евгении Матвеевны с моими родителями и мной продолжалась более 40 лет. Даже дарственную надпись на своей книге она посвятила моей маме: «В память Веры Александровны Лыжиной с низким поклоном».

Много удивительно теплых слов и воспоминаний посвятила Евгения Матвеевна людям, с которыми проработала много лет в институте. Она давала такие меткие характеристики, что под её пером эти давно ушедшие люди встают, как живые, думающие, ранимые, творческие, увлеченные, преданные своему делу. Особые слова сказаны о двух уникальных ректорах нашего института – Иване Павловиче Макарове и Владимире Владимировиче Тюлине, чрезвычайно много сделавших для развития нашего вуза. При этом в воспоминаниях рассказывается не только об их организационной и научной работе, но подмечаются такие человеческие качества, которые делают этих ректоров удивительно привлекательными людьми. Например, об И.П. Макарове она пишет: «Правление его, можно сказать, было мудрым и человечным. Склок в институте не было. Приближённых лизоблюдов тоже. Конечно, были научные споры, но ведь без них нет и развития науки, то есть они – неперемённые».

Он умел организовывать людей на работу и отмечал всегда интересные итоги. Жил институт при нем своим трудом. В его объём входило и участие всех без исключения рангов в сельскохозяйственных работах в учебном хозяйстве или в подшефных колхозах. Косили траву, сгребали и ворошили валки, копнили стоги. И Иван Павлович вместе с нами отработывал шесть дней. Запомнилось, как мы на пару с ним метали сено, формировали стог. Я была наверху и принимала сено свил, которыми орудовал Иван Павлович. Моя работа была принять и утоптать... Было солнечно, молодо, весело вместе со всеми, и кажется, что это были счастливые дни работы в коллективе и с пользой...

Ещё одна примечательная черта советского вуза в период ректорства И. П. Макарова – это общий дух сотрудничества и ощущения единого Дома, где человек проводил большую часть жизни».

Много теплых слов сказано и о следующем ректоре института Владимире Владимировиче Тюлине: «С правлением Тюлина связаны многочисленные крупные постройки. При В. В. Тюлине ценились люди, занимающиеся научной деятельностью, тянущиеся к ней. По природе Тюлин был гегемоном. Тянулся к людям сильным, умным, самостоятельным. Тюлин любил власть не ради власти, а ради возможности вертеть колесо истории института в нужную сторону».

Интересный случай был однажды на отдыхе с компанией сотрудников института (человек 10-12) в Разбойном бору. Объявили конкурс, кто за 2 часа наберет больше белых грибов. Когда через два часа все собрались, то у каждого соревнующегося было по большой корзине белых грибов. Но поразил всех,

конечно, Тюлин. Стоял с посохом в руке, как царь этого леса, около кучи грибов из 306 штук».

Очень много лет рядом с Евгенией Матвеевной был её муж Владимир Степанович, за которого она вышла юной девушкой. Через всю жизнь они пронесли трепетное отношение друг к другу, уважение, любовь, понимание. Они были единомышленниками во всем. Они были очень красивой и гармоничной парой. Она пишет о своём знакомстве с ним: «Встретился красивый, стройный и голубоглазый юноша. Потянуло друг к другу. Ходили на лыжах. Бегали на каток, на танцы и искали уединённые лавочки в знаменитом тогда саду «Липки». Дружили мы до свадьбы два года. Какое это было волшебное время! Днём учёба, а вечером существовал только единственный человек во всём мире! И он принадлежал только мне! Сплошная романтика, но дальше поцелуев дело не заходило».

Рассказывая про себя, Евгения Матвеевна пишет: «Я любила читать лекции. Каждую из них я воспринимала как время творчества, всеобъемлющего контакта с сердцем и душой аудитории. Перед лекцией становишься другим, с иными задачами и целью взять в руки вот эту общую душу аудитории, сидящей перед вами и что-то ожидающей, требующей от вас. Подтягиваясь, брала темп до кафедры и впитывала дух аудитории через 150 глаз, устремленных на меня. С первого беглого осмотра я уже знала, какая аудитория сидит в данный момент передо мною. Задача была одна – покорить и взять эту аудиторию с первых минут лекции, увлечь, устремить в русло восприятия очередной порции науки и так работать до конца.

Коллеги по-разному оценивали мои лекции. Я читала много открытых. Большая часть воспринимала их доброжелательно. Иные – откровенно завидовали и старались оговорить: «Ведь она не читает лекции, а играет!». Другие, злобствуя, поговаривали: «Что, мол, ей? Вот я сам всего достиг. Мои родители крестьяне. Говорю, как умею от рождения. А она-то из семьи интеллигентов – мать и отец кандидаты наук. Значит, ей это тоже дано от рождения и никакой её заслуги в блестящем чтении лекций нет».

И, конечно, особое место в жизни Евгении Матвеевны – это научные исследования, связанные с экспериментальным изучением экологических особенностей уникальных микроорганизмов – цианобактерий. Итогом этих исследований была докторская диссертация на тему «Роль азотфиксирующих синезеленых водорослей (цианобактерий) в накоплении азота и повышении плодородия почв», блестяще защищенная в МГУ. На защиту выносились следующие положения. Цианобактерии – группа микроорганизмов, широко распространенных в почве, способная давать на её поверхности массовое разрастание – «цветение» почвы.

Эти микроорганизмы способны к усвоению молекулярного азота вне зависимости от присутствия органического вещества в почве, ибо обладают фотосинтезом.

Доказывается, что цианобактерии по своей природе симбиотрофные организмы. Ни в природе, ни в коллекциях они не живут в «чистом» виде. В

чехлах, окутывающих их клетки, отселектирована масса сопутствующих бактерий.

Показаны благоприятные условия для размножения этих микроорганизмов в почвах, их роль в образовании гумуса в почве и в образовании эпицентров микробной активности.

Евгения Матвеевна Панкратова 54 года преподавала в институте физиологию и биохимию растений, свыше 30 лет руководила кафедрой ботаники, физиологии растений и микробиологии.

В моей жизни были удивительные годы, проведенные рядом с Евгенией Матвеевной, годы захватывающей коллективной научной работы, годы поисков и открытий.

Евгения Матвеевна Панкратова стала примером и путеводной звездой не только для меня, для многих и многих людей. Великая благодарность судьбе, что она была в нашей жизни – яркая, талантливая, неустрашимая, понимающая и принимающая людей со всеми их недостатками.

Литература

1. Pankratova E.M., Domracheva L.I., Reznik E.N. The functioning of cyanobacteria on ploughing soils of nonchernozemic zone // Soil Sciences. – 1989. – Т. 4. – С. 75-81.
2. Домрачева Л.И., Панкратова Е.М., Перминова Г.Н. Оценка биологического состояния почвы по ее "Цветению" // Почвоведение. – 1992. – № 12. – С. 71-79.
3. Domracheva L.I., Pankratova Y.M., Perminova G.N. Eurasian Soil Science. – 1993. – Т. 25. – № 6. – С. 54.
4. Использование фототрофных микроорганизмов в качестве биоиндикаторов на обеспеченность почвы элементами минерального питания / Е.М. Панкратова, Л.И. Домрачева, Г.Н. Перминова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1994. – Т. 29. – № 5. – С. 96-102.
5. Панкратова Е.М. Факты, догадки и загадки из жизни растений в миниатюрах. – Киров: Издательский дом «Крепостнов», 2016. – 148 с.
6. Панкратова Е.М. Поколение 30-х годов XX века через призму жизненного опыта. – Киров: О-Краткое, 2014. – 272 с.

УДК 582.232:577.182.75:63

ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ BIOР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОМАССЫ И ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ ШТАММОВ *STREPTOMYCES*

Березюк Ю.Н.¹, Бырса М.Н.², Бурцева С.А.²

¹ПГУ им. Т.Г. Шевченко, Республика Молдова
ulia203@mail.ru

²ИМБ, Республика Молдова

Аннотация. Изучали способность штаммов *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 и *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02, выделенных из почв центральной части Молдовы, накапливать биомассу и синтезировать липиды в зависимости от состава питательной среды. В качестве добавки к основной питательной среде использовали препарат BioR – экстракт аминокислот и пептидов из *Arthrospira platensis*.

Ключевые слова: *Streptomyces*, BioR, биомасса, липиды.

Актиномицеты, в частности род *Streptomyces*, отличаются способностью к синтезу вторичных метаболитов, тем самым представляя большой научный и практический интерес.

Бактерии, принадлежащие к роду *Streptomyces*, имеют нитевидную форму, большой геном и сложный жизненный цикл развития, который включает образование устойчивых к высушиванию экзоспор. Род *Streptomyces* включает более 500 видов, распространенных повсеместно, главным образом, в почве и водных экосистемах. К этому роду относятся виды, которые отличаются изменчивостью морфологических, физиологических и биохимических свойств [1].

Перспективным является применение продуктов микробиологического синтеза стрептомицетов в сельском хозяйстве. Использование их в качестве комплексных препаратов, дополняющих основной рацион сельскохозяйственных животных, приводит к повышению продуктивности, оптимизации метаболизма и работы иммунной системы [2].

В зоотехнии имеют значение липиды актинобактериального происхождения, особенно такие физиологически важные для живых организмов фракции как фосфолипиды и стерины. Фосфолипиды стрептомицетов стабилизируют систему антиоксидантной защиты организма, стериновая фракция в комплексе с полисахаридами и фосфолипидами проявляет иммуностимулирующее действие, а триглицериды служат энергетическим субстратом. Кроме того, липиды стрептомицетов характеризуются высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, кислоты ω -3 и ω -6 играют важную роль как структурные компоненты мембранных фосфолипидов, а также как предшественники эйкозаноидов, необходимых для роста и развития молодых животных [3].

Ранее в Институте Микробиологии и Биотехнологии были проведены исследования, в которых использовали биопрепараты микроводорослей *Arthrospira platensis* как возможные регуляторы липидообразования у стрептомицетов. Было установлено, что при культивировании штаммов стрептомицетов на комплексных средах с добавлением биопрепаратов в количестве 0,1-1,0 мг/л происходит увеличение выхода биомассы на 4,8-24,7%, а продукция липидов возрастает на 12,0-90,7% [4].

В литературе мало данных о влиянии метаболитов других микроорганизмов на биосинтетическую активность стрептомицетов. Поэтому мы исследовали, как добавление к основной питательной среде препарата BioR влияет на биосинтетическую активность двух штаммов *Streptomyces*.

Объект исследования: штаммы *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 и *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02, выделенные из почв центральных черноземов Молдовы. Для определения продуктивности биомассы *Streptomyces* spp. исследуемые штаммы выращивали на жидкой среде, используя инокулум (суспензию спор вносили в конические колбы объемом 250 мл со средой Дюлоне и выращивали в течение 72 ч при +27⁰С на вибростоле (180-200 об/мин)). Готовый инокулят вносили в колбы Эрленмейера с жидкой питательной средой (М-1, R, Чапека, Дюлоне). Культивирование вели при +27⁰С на вибростоле (180-200 об/мин) в течение 5 дней, после чего биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием (5000 об/мин в течение 20 мин). Далее взвешиванием определяли массу мицелия стрептомицета, высушенную при +105⁰С до постоянного веса.

Экстракцию внутриклеточных липидов из биомассы проводили методом Фолча в модификации, описанной в работе [5]. Качественный и количественный состав липидов определяли методом тонкослойной хроматографии на пластинках “Sorbfil” и денситометрическим методом, описанным в работе [6].

Повышение продуктивности стрептомицетов при накоплении биомассы имеет важное значение для микробиологической промышленности. В исследовании показано, что добавление в питательную среду (среда R) препарата цианобактериального происхождения BioR [7] привело к увеличению продуктивности биомассы штамма *S. fradiae* CNMN-Ас-11. При добавлении BioR в концентрации 0,1% наблюдалось увеличение количества биомассы штамма *S. fradiae* CNMN-Ас-11 на 18,2% (табл. 1).

Добавление препарата BioR в основную питательную среду М-1 при культивировании *S. canosus* CNMN-Ас-02 также показало повышение продуктивности штамма. Зафиксирована максимальная стимуляция продуктивности при концентрации BioR 20,0% – увеличение на 81,4% по сравнению с контролем (табл. 1).

Известно, что актиномицеты являются активными продуцентами липидов. Они синтезируют и накапливают в своих клетках достаточно большое количество липидов. Содержание липидов в мицелии стрептомицетов составляет от 5,0 до 40,0% и более в зависимости от состава питательной среды и индивидуальных особенностей организма [8].

Таблица 1 – Количество АСБ штамма *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 при культивировании на комплексной среде R и штамма *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02 на комплексной среде М-1 с добавлением BioR

Среда культивирования	Количество АСБ, <i>S. canosus</i> CNMN-Ас-02		Среда культивирования	Количество АСБ, <i>S. fradiae</i> CNMN-Ас-11	
	г/л	% к контролю		г/л	% к контролю
Среда (С) М-1	5,4±0,2	100,0±0,1	С R	13,5±0,5	100,0±0,01
С М-1+BioR 0,1%	5,9±0,04	110,1±2,3	С R + BioR 0,05%	15,2±0,7	113,01±9,9
С М-1+BioR 1,0%	6,4±0,2	118,2±3,0	С R + BioR 0,1%	15,9±0,4	118,2±8,7
С М-1+BioR 5,0%	6,6±0,1	121,6±2,6	С R + BioR 1,0%	15,5±0,2	115,3±6,6
С М-1+BioR 10,0%	6,8±0,3	127,0±9,8	С R + BioR 2,0%	14,9±0,6	111,2±9,8
С М-1+BioR 20,0%	9,8±0,3	181,4±3,9	С R + BioR 5,0%	14,3±1,0	106,1±3,7

Примечание: АСБ – абсолютно сухая биомасса.

Количество липидов в биомассе изучаемых штаммов, культивируемых на среде с разным добавлением препарата микроводорослей BioR, представлено в таблице.

Анализ результатов в отношении липидогенеза штамма *S. canosus* CNMN-Ас-02 под влиянием препарата BioR показал преимущественно ингибирующее действие на накопление общих липидов в биомассе. Заметный положительный эффект – 138,4±0,5% от контроля, был установлен только при использовании препарата в концентрации 0,1%.

Культивирование штамма *S. fradiae* CNMN-Ас-11 на питательной среде с добавлением BioR привело к уменьшению содержания липидов в опытных образцах по сравнению с контролем. Максимальное количество липидов содержалось в биомассе, выросшей с добавлением в среду R BioR в концентрации 0,1%-95,6% к контролю. Но ингибирующее действие исследуемого препарата на липидогенез компенсируется увеличением количества биомассы, поэтому количество общих липидов, рассчитываемое на 1 литр среды культивирования, превышает контроль на 52,3±2,4% у *S. canosus* CNMN-Ас-02 и 12,1±1,4% у *S. fradiae* CNMN-Ас-11 (табл. 2).

Далее было проведено определение фракционного состава липидов у штаммов *S. fradiae* CNMN-Ас-11 и *S. canosus* CNMN-Ас-02 при культивировании на основной питательной среде R с препаратом BioR (рис.).

Таблица 2 – Содержание липидов в АСБ штаммов *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02 и *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11

Среда культивирования	Содержание липидов в АСБ, <i>S. canosus</i> CNMN-Ас-02		Среда культивирования	Содержание липидов в АСБ, <i>S. fradiae</i> CNMN-Ас-11	
	г/л	% к контролю		г/л	% к контролю
Среда (С) М-1	15,4±0,4	100,0±0,1	С R	12,9±0,6	100,0±0,1
С М-1+BioR 0,1%	21,0±0,5	138,4±0,5	С R + BioR 0,05%	10,7±0,2	83,2±25,8
С М-1+BioR 1,0%	15,8±0,4	104,3±3,5	С R + BioR 0,1%	12,3±0,4	95,6±12,8
С М-1+BioR 5,0%	13,6±0,4	89,5±2,2	С R + BioR 1,0%	8,2±0,6	63,4±7,1
С М-1+BioR 10,0%	11,8±0,6	78,1±5,8	С R + BioR 2,0%	7,6±0,8	58,8±8,6
С М-1+BioR 20,0%	10,7±0,6	70,6±6,0	С R + BioR 5,0%	7,3±0,2	56,8±8,4

Примечание: АСБ – абсолютно сухая биомасса.

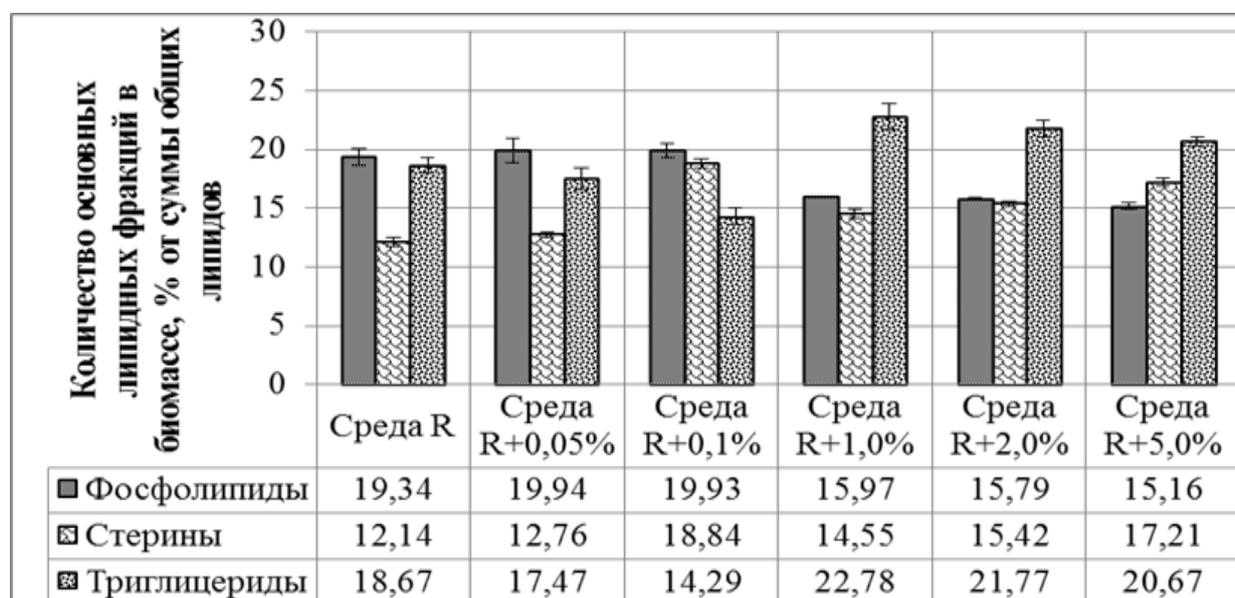


Рисунок 1 – Содержание основных липидных фракций в биомассе *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 при культивировании на комплексной среде R с добавлением BioR. Примечание: P<0,05

Наибольшее количество стерина выявлено в пробах общих липидов биомассы, полученной при добавлении препарата в среду в концентрации 0,1%, что составило 18,8% к общим липидам. При подсчете абсолютного содержания основных физиологически активных липидных фракций выявлено увеличение стерина на 55,2% при культивировании штамма *S. fradiae* CNMN-Ас-11 на комплексной среде R с добавлением BioR в концентрации 0,1%. Количество триглицеридов было наибольшим в пробах липидов биомассы штамма, растущего на среде R с добавкой BioR в концентрации 1,0% и составило 22,8% к общим липидам. Содержание фосфолипидов в этом варианте опыта

практически не изменилось (прирост – 3,1%), тогда как в остальных вариантах произошло уменьшение их содержания на 17,4-21,6% (рис. 1).

Культивирование штамма *S. canosus* CNMN-Ас-02 на основной питательной среде с добавлением препарата BioR не выявило выраженного влияния на синтез стеринов. Отмечено увеличение содержания фосфолипидной фракции при культивировании на среде с добавлением BioR в концентрации 0,1% и 1,0%, что составило $18,2 \pm 0,5\%$ и $25,4 \pm 0,1\%$ соответственно по сравнению с контролем. Также выявлено ингибирующее действие на синтез триглицеридов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для повышения продуктивности биомассы штамма *S. fradiae* CNMN-Ас-11 и содержания в ней физиологически активных липидных фракций (фосфолипиды и стерин) наиболее оптимальным является культивирование штамма на комплексной среде R с добавлением препарата BioR в концентрации от 0,1% до 1%. У штамма *S. canosus* CNMN-Ас-02 увеличение количества биомассы происходит при наличии BioR в концентрации 20,0%, а липидов - при концентрации препарата 0,1%.

Литература

1. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. Москва: ГЕОС, 2001. – 256 с.
2. Зуев Н.П. и др. Изучение химиотерапевтического действия тилозина тартрата и фразидина-40 (50) // Вестник КГСХА. – 2014. – № 2. – С. 1-2.
3. Ковальчук Л.П., Донец А.Т., Бурцева С.А. Липиды актиномицетов // Кишинев: Штиинца, 1979. – 104 с.
4. Бурцева С.А. Биологически активные вещества стрептомицетов (биосинтез, свойства, перспективы применения): Автореф. дисс. докт. хаб. биол. наук. – Кишинев, 2002. – 35 с.
5. Burteva S., Usatîi A., Toderas A. Variabilitatea formelor spontane a tulpinii *Streptomyces sp.* 36 producatoare de substante bioactive // Buletinul AŞM, Ştiinţele biologice şi chimice. – 1996. – № 4. – P. 27-32.
6. Постолакий О.М., Бурцева С.А. Влияние миллиметрового излучения на рост и липидообразование *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02 и его вариантов // Электронная обработка материалов. – 2009. – № 2. – С. 93-97.
7. Rudic V. BioR. Biomedical and clinical studies // Chisinau: Elena V. I. – 2007. – 376 p.
8. Fatty acids of cell wall lipids of some actinomyces / L. Lomtatidze, T. Shiukashvili, G. Aneli, K. Mamulashvili // Bull. Georg. Acad. Sci. – 2001. – № 1. – P. 164.

УДК 579.2/.68/.8

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ВОДНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Богдан Н.Ю., Сланина В.А.

Институт Микробиологии и Биотехнологии

nina.bogdan.91@gmail.com

Институт Микробиологии и Биотехнологии

valerinaslanina@mail.ru

Республика Молдова

Аннотация. Водные микроорганизмы имеют большое значение как перспективные источники разнообразных биологически активных продуктов. Многие виды бактерий способны выживать в экстремальных условиях, в результате чего производят молекулы с уникальными биологическими свойствами, используемые для широкого спектра промышленных и биотехнологических применений. В этой работе представлены результаты исследования ферментативной, антибактериальной и противогрибковой активности бактерий, выделенных из озера “Ла Извор” г. Кишинев, Республики Молдова.

Ключевые слова: бактерии, ферменты, антимикробная активность, тест-культуры.

Области практического применения микроорганизмов и синтезируемых ими биологически активных веществ в настоящее время очень многообразны. Главными целевыми продуктами микробиологических производств являются ферменты, антибиотики, органические кислоты, спирты, витамины [1].

Большое количество биоактивных соединений получают из микроорганизмов, находящихся в почве или на ее поверхности. В то же время поиск новых продуцентов биоактивных метаболитов в других экотопах остается актуальным. Микрофлора воды в какой то степени отражает микробный состав почвы, в воде образуются специфические биоценозы – перспективные источники биологически активных продуктов [2]. Удивительное разнообразие видов микроорганизмов выживает в экстремальных условиях благодаря различным механизмам адаптации, включая синтез потенциально ценных биомолекул, которых нет в наземной среде.

Целью работы было выявить биологически активные метаболиты бактерий из 122 проб озера “Ла Извор” г. Кишинев Республики Молдова. Проводили отбор проб воды, ила и биоплёнок. Выделение культур осуществлялось путем последовательных разведений и посева на чашки Петри с агаризированной питательной средой. Вслед за морфо-культуральными свойствами была исследована способность 65 выделенных штаммов синтезировать метаболиты с антимикробными свойствами. Ферментативная активность была изучена путем культивирования бактерий на питательных средах, характерных для каждого вида фермента (амилаза, каталаза, липаза,

целлюлаза). Для исследования антимикробных свойств были использованы 5 тест-культур различной видовой принадлежности *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Aspergillus niger*, депонированные в Национальной Коллекции Непатогенных Микроорганизмов Института Микробиологии и Биотехнологии. Антибактериальные свойства были определены на двух тест-культурах *Escherichia coli* ATCC® 25922™ и *Staphylococcus aureus* ATCC® 25923™.

Микрофлора воды играет роль активного фактора в процессе ее самоочищения от органических отходов, которые используются микроорганизмами [3]. Эти процессы происходят из-за сложной ферментативной системы бактерий, что позволяет метаболизировать разнообразие органических и неорганических компонентов.

Ферментативные свойства бактерий были определены на дифференциальных диагностических средах. Интенсивность продукции ферментов оценивали по величине зоны просветления среды вокруг колоний. Для визуализации зон гидролиза крахмала и целлюлозы использовали раствор Люголя.

На рисунке 1 отображена ферментативная активность бактерий, выделенных из озера „Ла Извор”.

Результаты исследований показали, что выделенные бактерии обладают различной ферментативной активностью в отношении исследуемых субстратов. Максимальная активность была отмечена для каталаз - 61 культура, 48 культур оказались активными продуцентами амилазы, продуцентами целлюлазы и липазы - 31 и 22 культуры соответственно.

Биологическая активность метаболитов синтезируемых водными бактериями находит широкое промышленное и биотехнологическое применение в фармакологии, медицине, генной инженерии, пищевой индустрии, а также в сельском хозяйстве для решения фитосанитарных проблем [4, 5].

Антагонистическую активность метаболитов бактерий оценивали методом лунок по диаметру зон ингибирования роста тест-культур. Было установлено, что 25 штаммов показали противогрибковую активность по отношению к *Alternaria alternata*, 33 штаммов к *B. cinerea*, 13 штаммов к фитопатогену *F. solani*, 18 штаммов показали противогрибковую активность по отношению к *F. oxysporum* и 6 штаммов к *As. niger* (рис. 2).

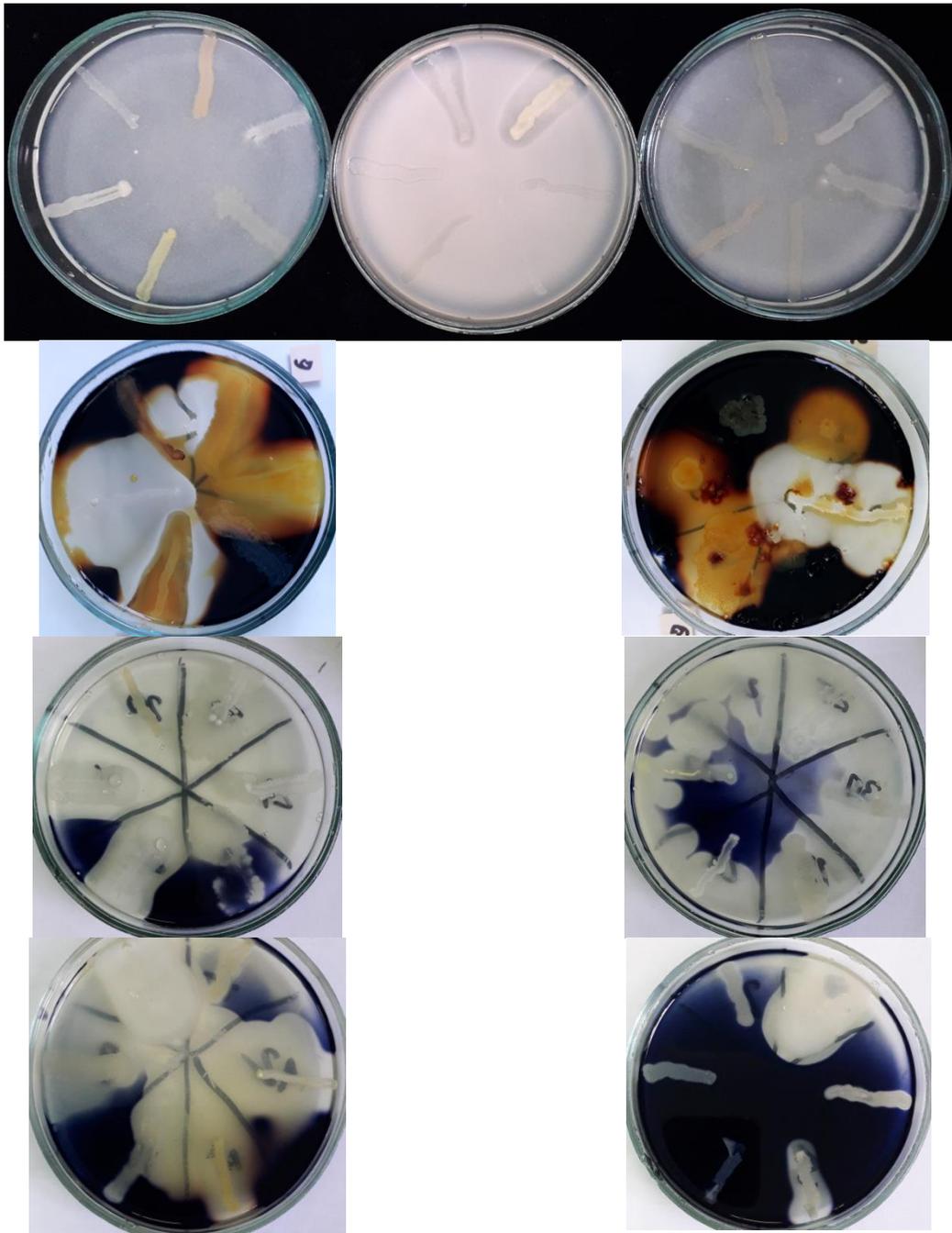


Рисунок 1 – Ферментативная активность бактерий, выделенных из воды, ила и биоплёнок озера

Стоит отметить, что бактерии нр. 32, 33, 57 продемонстрировали комплексный ингибирующий эффект против пяти фитопатогенных тест-культур микромицетов. Диаметр зоны ингибирования роста составил до 38 мм.

Вторичные метаболиты, являющиеся важными продуктами жизнедеятельности водных микроорганизмов, в последние 15 лет привлекают к себе большое внимание [6].



Alternaria alternata
(штамм nr. 1)



Aspergillus niger
(штамм nr. 32)



Fusarium oxysporum
(штамм nr. 1)



Fusarium solani
(штамм nr. 57)



Botrytis cinerea
(штамм nr. 61)

Рисунок 2 – Антагонистическая активность водных бактерий к тест-культурам фитопатогенов

Многими авторами была доказана широкого спектра антибактериальная активность бактерий *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp., выделенных из воды, в отношении патогенных штаммов *St. aureus*, *E. coli*, *Proteus mirabilis* и *Enterococcus faecium* [4, 7].

Из-за хорошо развитого ферментативного комплекса различные виды бактерий можно использовать в качестве агентов с повышенными антагонистическими свойствами для ингибирования патогенов и фитопатогенов. Патогенные микроорганизмы, которые загрязняют окружающую среду, могут быть потенциально опасны и вызывать множество заболеваний. Сокращение загрязнения с помощью различных эффективных и безопасных бактерий может предотвратить расходы и необходимость применения опасных сельскохозяйственных препаратов.

На основе полученных результатов антибактериальная активность в отношении *S. aureus* и *E. coli* была исследована у четырех культур из образцов воды (номера 1, 7, 12, 22), из ила у трех культур (номера 32, 38 46), из биопленки у пяти культур (51, 54, 57, 61, 65).

Тестирование культур методом диффузии из лунок агара показало наличие зон ингибирования роста грамотрицательного типа бактерий (*E. coli* ATCC ® 25922™) изолятами 32 и 46 с диаметром 26 мм и 28 мм соответственно (рис. 3).

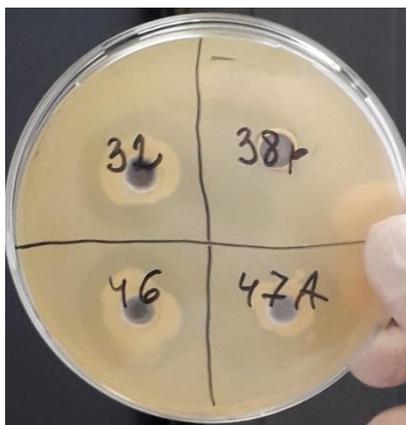


Рисунок 3 – Антибактериальная активность выделенных культур к *E. coli*

Таким образом, доказано, что биоактивные бактерии, выделенные из образцов водоема, обладают способностью продуцировать ряд гидролитических экзоферментов. Селектированные штаммы, ввиду широкой ферментативной активности перспективны для использования в разработке высокоэффективных биопрепаратов для внедрения в сельское хозяйство и различные отрасли промышленности. Они являются предметом биологических исследований для последующего депонирования в Национальной Коллекции Непатогенных Микроорганизмов.

Результаты были получены в рамках проекта государственной программы (2020-2023) – 20.80009.7007.09 "Сохранение и использование микробного биоразнообразия посредством поддержки развития устойчивых технологий и сельского хозяйства, интеграции науки и образования".

Литература

1. Ягафарова Г.Г. Микроорганизмы - продуценты биологически активных веществ: Учеб. пособие. – М., 2002. – 227 с.
2. Metabolomic investigations on *Nesterenkonia flava* revealed significant differences between marine and terrestrial actinomycetes / C.-L. Xie, J.-M. Xia, J.-S. Wang, D.-H. Lin, X.-W. Yang // *Mar. Drugs*. – 2018. – Vol. 16. – P. 356.
3. Mulamattathil S. G. et al. Isolation of environmental bacteria from surface and drinking water in Mafikeng, South Africa, and characterization using their antibiotic resistance profiles // *Hindawi Publishing Corporation Journal of Pathogens*. – 2014. – Vol. 2014. – P. 11. <https://doi.org/10.1155/2014/371208>.
4. Bioactivity assessment of the Saudi Arabian Marine *Streptomyces* sp. metabolic profiling and its in vitro inhibitory property against multidrug resistant and extended-spectrum beta-lactamase clinical bacterial pathogens / N.A. Al-Dhabi, A.-K.-M. Ghilan, G.A. Esmail [et al.] // *J. Infect. Public Health*, 2019. – Vol. 12. – P. 549-556.
5. Iván Petatán-Sagahón et al. Isolation of bacteria with antifungal activity against the phytopathogenic fungi *Stenocarpella maydis* and *Stenocarpella macrospora* // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2011. – №. 12(9). – P. 5522-5537. doi: 10.3390/ijms12095522.

6. Андрюков Б.Г., Михайлов В.В., Беседнова Н.Н. Антимикробная активность вторичных метаболитов морских бактерий // Антибиотики и Химиотерапия, 2019. – Т. 64 (7-8). – С. 44-55. – <https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-100044>.

7. Galaviz-Silva L., Iracheta-Villarreal J.M., Molina-Garza Z.J. *Bacillus* and *Virgibacillus* strains isolated from three Mexican coasts antagonize *Staphylococcus aureus* and *Vibrio parahaemolyticus*. FEMS Microbiology Letters, 2018. – Vol. 365. – № 19. – P. 1-10. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny202>.

УДК 579.873.71:579.64:579.66

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ШТАММА *STREPTOMYCES MASSASPOREUS* CNMN-Ас-06 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ В ЛИОФИЛЬНОМ ВИДЕ

**Бырса М.Н., Бурцева С.А., Васильчук А.В.,
Гарбузняк А.А., Чеботарь В.И.**

*НКНМ Института микробиологии и биотехнологии
mellon23@yandex.ru
Республика Молдова*

Аннотация. Представители рода *Streptomyces* рассматриваются как потенциальный источник продуцентов новых антибиотиков. Целью проводимых исследований явилось определение изменения способности задерживать рост фитопатогенных грибов и бактерий у выделенного из почвы Молдовы штамма актинобактерии *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 после длительного хранения в лиофильном виде. Установлено, что лиофилизация в большей степени позволяет сохранить антимикробные свойства изучаемого стрептомицета, а также является более экономичным способом консервации штаммов – продуцентов веществ с антимикробными свойствами, по сравнению со стандартными методами поддержания микробных культур.

Ключевые слова: актинобактерии; стрептомицеты; антимикробная активность; лиофилизация; длительное хранение.

Многие годы актинобактерии и особенно представители рода *Streptomyces* рассматривают как потенциальный источник продуцентов новых антибиотиков, обладающих широким спектром действия против фитопатогенов. Описаны штаммы, обладающие антагонистической активностью в отношении возбудителей фузариоза томатов, мучнистой росы огурцов, увядания хлопчатника, антракноза цитрусовых, микозов семян хвойных и пр. При этом они синтезируют множество биологически активных веществ, таких как витамины, аминокислоты, ростовые вещества и ферменты, которые могут найти применение в сельском хозяйстве для стимуляции прорастания семян и повышения урожайности [1-3].

Биологический контроль и активизация роста растений полезными для растений микроорганизмами рассматриваются как альтернатива использованию

химических удобрений и пестицидов. Так, например, большинство штаммов стрептомицетов, активных против фитопатогенов, в основном, были выделены из почвы или ризосферы. В результате проведена их регистрация в качестве биологических фунгицидов в таких странах, как Корея, США, Финляндия, Япония [4-6]. Кроме того, исследователи пришли к выводу, что антибиотики актинобактериальной природы, могут рассматриваться как почвенные фунгициды и отличная замена используемым химическим фунгицидам [7-9].

В настоящее время значимость защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков превращается в определяющийся фактор повышения урожайности и качества растениеводческой продукции. Исследования по защите растений от инфекционных болезней развиваются, в основном, в 2-х направлениях: 1 – создания методов уничтожения опасных организмов с помощью пестицидов; 2 – селекционного выведения болезнестойчивых сортов. К сожалению, оба этих направления имеют существенные недостатки: обработка растений химическими соединениями наносит вред окружающей среде и здоровью человека, а гены устойчивости вновь выведенных сортов преодолеваются патогенами. Поэтому возникает необходимость разработки инновационных мер борьбы с фитопатогенными микроорганизмами [10-11].

Целью проводимых исследований явилось определение изменения способности задерживать рост фитопатогенных грибов и бактерий у выделенного из почвы Молдовы штамма актинобактерии *Streptomyces massasporeus* CNMN-As-06 после длительного хранения в лиофильном виде.

Объектом исследований являлся штамм *Streptomyces massasporeus* CNMN-As-06, хранящийся в Национальной коллекции непатогенных микроорганизмов (НКНМ) Института микробиологии и биотехнологии в лиофильном виде с 2008 г. Штамм культивировали на агаризованной среде Чапека с глюкозой, pH=7,0 [12].

Лиофилизацию культуры проводили в стационарной фазе с использованием защитной среды (желатин 2,5% + глюкоза 7,5%) под вакуумом на лиофилизаторе FreeZone Plus 12 Liter Cascade Console Freeze Dry System. После лиофилизации штамм регидратировали дистиллированной водой при комнатной температуре в течение часа [13].

Антимикробную активность определяли диско-диффузионным методом [14]. В качестве тест-культур использовали фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие фузариозы, трахеомикозы, увядание, белую и серую гниль, некрозы, черную плесень и другие заболевания у растений.

По данным литературы, в настоящее время 30% мирового производства зерновых и бобовых культур теряется в результате заражения токсинообразующими микроорганизмами. Главной альтернативой использования химических пестицидов в защите от фитопатогенных грибов и бактерий является внедрение в практику растениеводства использования биопрепаратов микробного происхождения [15]. Многочисленные антифунгальные вещества были получены для нужд сельского хозяйства из выделенных новых штаммов стрептомицетов [16].

Ранее нами была проведена оценка антифунгальной активности (АФА) новых штаммов стрептомицетов, выделенных из разного типа почв Молдовы, а также после длительного их хранения (10 лет) периодическими пересевами. Отмечалось снижение АФА у этих штаммов в разной степени (на 14,3; 38,0 и даже 44,1%) [17].

Анализ результатов проведённых опытов показал способность выделенного из почвы Молдовы штамма *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 задерживать рост ряда фитопатогенных бактерий и грибов после длительного хранения его периодическими пересевами на агаризованной среде Чапека с глюкозой (таблица).

Так, например, на момент выделения штамма из почвы, АФА по отношению к *Aspergillus flavus* и *Sclerotinia sclerotiorum* отсутствует, а к другим штаммам - способность задерживать рост была разной (зоны задержки роста диаметром от 10,0 до 17,5 мм). Активнее всего это происходило у представителей р. *Fusarium* (зоны 17,0-17,5 мм). Через 5 лет хранения этим методом у штамма была замечена способность задерживать рост грибов более активно: *A. niger* (с 10,0 до 12,0 мм) и *Botrytis cinerea* (с 10,0 до 17,0 мм), что может быть объяснимо высокой гетерогенностью стрептомицетов, проявляющейся в изменении соотношения количества естественных вариантов.

Дальнейшее хранение периодическими пересевами привело к небольшим изменениям в АФА (на 1,0-1,5 мм), а по отношению к *B. cinerea* – без изменений.

Можно предположить, что длительное хранение изучаемого штамма периодическими пересевами на агаризованной среде Чапека с глюкозой по-разному влияет на изменение антимикробной активности (АМА), но, в основном, вызывает снижение её, что соответствует литературным данным последних лет, где отмечена способность представителей р. *Streptomyces* продуцировать антифунгальные вещества против представителей р.р. *Fusarium*, *A. niger* и др. [18, 19].

Опытным путем было установлено, что АМА у изучаемого штамма после 5-и и 10-и лет хранения в лиофильном виде по отношению к фитопатогенным бактериям снизилась незначительно (диаметр зон задержки роста – на 1,1-1,3 мм), тогда как по отношению к фитопатогенным грибам – в большей степени (диаметр зон задержки роста – на 1,4-4,4 мм).

Таблица 1 – Антимикробная активность *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06, хранящегося в лиофильном виде

Время хранения	Диаметр зон задержки роста, мм					
	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 8628	<i>Clavibacter michiganensis</i> 13 ^a	<i>Ervinia carotovora</i> 8982	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus alternata</i>	<i>Botrytis cinerea</i>
5 лет	15,3	23,3	16,3	13,7	9,7	13,7
10 лет	14,0	22,2	15,0	9,3	8,3	11,8

По данным таблицы следует, что у метаболитов изучаемого штамма заметно снизилась способность задерживать рост *A. niger* (на 4,4 мм уменьшение зон), в меньшей степени (диаметр зон задержки роста на 1,9 мм) – по отношению к *B. cinerea* и *A. alternata* (на 1,4 мм).

То есть, длительное хранение штамма *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 в лиофильном виде в большей степени сказалось на снижении АМА по отношению к фитопатогенным грибам, чем фитопатогенным бактериям, выбранным в проведенных опытах в качестве тест-культур.

Таким образом, проведенные исследования показали, что выделенный из почвы Молдовы штамм стрептомицетов *S. massasporeus* CNMN-Ас-06, хранящийся длительное время в Национальной коллекции непатогенных микроорганизмов, способен по-разному задерживать рост ряда фитопатогенных тест-микроорганизмов. Опытным путём установлено, что в процессе длительного хранения периодическими посевами на агаризованную среду Чапека с глюкозой АФА этот штамм претерпевает изменения разного характера: отмечено как увеличение, так и снижение способности метаболитов изучаемого штамма задерживать рост фитопатогенов, что объяснимо высокой гетерогенностью стрептомицетов. Хранение этого штамма длительное время в лиофильном виде также приводит к разного рода изменениям антимикробных свойств его метаболитов, причём отмечено, что способность задерживать рост фитопатогенных тест-грибов снижается заметнее, чем по отношению к фитопатогенным бактериям. Однако, лиофилизация в большей степени позволяет сохранить антимикробные свойства изучаемого стрептомицета, а также является более экономичным способом консервации штаммов – продуцентов веществ с антимикробными свойствами, по сравнению со стандартными методами поддержания музейных культур.

Исследования финансировались в рамках проекта 20.80009.7007.09 (ANCD).

Литература

1. Биологические особенности нового штамма *Streptomyces lateritius* 19/97-М, перспективного для использования в растениеводстве / Т.И. Громовых, Ю.Ф. Литовка, В.С. Садыкова, И.Г. Габидулина // Биотехнология. – 2005. – № 5. – С. 37-40.
2. Schrey S.D., Tarkla M.T. Friends and foes: *Streptomyces* as modulators of plant disease and symbiosis // 14 Intern. Symp. on the Biology of *Actinomycetes*. New Castle, Antonie van Leeuwenhoek. – 2008. – № 94(1). – P. 11-19.
3. Streptomycetes as a plants best friend / T. Viaene, S. Langendries, S. Beirinckx, [et al.] // FEMS Microbiology Ecology. – 2016. – № 92. – P. 1-10.
4. Recent studies on biological control of plant diseases in Japan / M. Hyakumachi, H. Takahashi, Y. Matsubara [et al.] // J. Gen. Plant Pathol. – 2014. – № 80. – P. 287-302.
5. Effect of actinobacteria on plant disease suppression and growth promotion / S.A. Palaniyandy, S.H. Yang, L. Zhang, J.Suh // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2013. – № 97. – P. 9621-9636.

6. Boukaew S., Chuenchit S., Peteharat V. Evaluation of *Streptomyces* spp. for biological control of *Sclerotium* root and stem rot and *Ralstonia* wilt of chili pepper // *Biocontrol*. – 2011. – № 56. – P. 365-374.
7. Скрининг стрептомицетов-антагонистов фитопатогенных грибов для биологической защиты растений / Я.И. Назарова, Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, И.Г. Широких // Биодиагностика состояния природных и природно-техноген. систем: Матер. XIV Всерос. науч-практ конф. с межд. уч. – Киров, книга 2. – 2016. – С. 350-354.
8. Nan Z., Zhen S., Yuhua X. et al. Identification and characterization of antifungal active substances of *Streptomyces hygroscopicus* Bs-112 // *World Journal of Microbiol. and Biotechnol.* – 2013. – № 29(8). – P. 1443.
9. Jinhua C., Yang S.H., Palaniiyandi S.A. et al. Azalomycin F complex is an antifungal substance produced by *Streptomyces malaysiensis* MJM 1968 isolated from agricultural soil // *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* – 2010. – № 53(5). – P. 545-552.
10. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнеустойчивости // Инновационный центр защиты растений. – СПб: ООО - ВИЗР, 2002. – 328 с.
11. Павлюшин В.А. Проблемы современной защиты растений // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке: Матер. межд. науч. конф. – С.-Петербург, 2013. – С. 202-205.
12. Зенова Г.М. Почвенные актиномицеты. М.: МГУ, 1992. – 87 с.
13. Morgan C. Freeze-Drying of microorganisms. In: *Encyclopedia of Microbiology (Third Edition)* // Academic Press, 2009. – P. 162-173.
14. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. Определение антибиотической активности микроорганизмов. – Москва: Наука, 2004. – С. 155.
15. Монастырский О.А., Першакова Т.В. Современные проблемы и решения создания биопрепаратов для защиты с/х культур от возбудителей болезней // Научно-практ. журнал АГРО XXI. – 2009. – № 7-9. – С. 3-5.
16. Fungichromin – a substance from *Streptomyces padanus* with inhibitory effects on *Rhizoctonia solani* / H.D. Shin, Y.C. Liu, F.L. Hsu, [et al.] // *J. Agric. Food. Chem.* – 2003. – № 51. – P. 95-99.
17. Оценка антифунгальной активности стрептомицетов и микромицетов почвы Молдовы / С.А. Бурцева, Т.Ф. Сырбу, Т.И. Щербаклова, Е.И. Фокша // *Int. Simp. Protectia plantelor – realizari si perspective.* – Chisinau, Moldova. – 2009. – P. 130-131.
18. Wang C., Wang Z., Qiao X. Antifungal activity of volatile organic compounds from *Streptomyces alboflavus* TD-1 // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2013. – № 34(1). – P. 45-51.
19. Enhancing the sporulation of *Streptomyces kasugaensis* by culture optimization / W. Chae, Y. Kim, S. Choi [et al.] // *Korean J. Chem. Eng.* – 2009. – № 26(2). – P. 438-443.

УДК 631.8: 631.46: 631
ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ РИЗОТОРФИНОМ СЕМЯН СОИ
НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В РИЗОСФЕРЕ
РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

Вейнбендер А.А.^{1,2}, Солдатова Л.Т.^{1,2}, Поползухина Н.А.², Хамова О.Ф.¹

¹ *ФГБНУ Омский аграрный научный центр»*
veybender@anc55.ru

² *ФГБОУ ВО Омский ГАУ*
na.popolzukhina@omgau.org

Аннотация. В результате проведенных исследований установлено, что применение биопрепарата Ризоторфин ВР 835 для обработки семян сои перед посевом в 2021 г. оказало положительное влияние на численность микроорганизмов в ризосфере растений сои. Увеличилась численность аммонификаторов, олигонитрофилов, фосфатмобилизующих бактерий, а так же общее количество микроорганизмов: в ризосфере сорта Черемшанка – на 17%, Сибирячка – 75%.

Ключевые слова: ризоторфин, микробиологическая активность, соя, сорт.

Численность микроорганизмов в почве обладает динамичностью, которая наблюдается не только в течение вегетационного периода, но и небольших отрезков времени, что является следствием изменений гидротермических условий почвы, состояния растительного покрова и других факторов [1].

Улучшить азотное питание культуры способны ассоциативные азотфиксаторы – микроорганизмы, которые, размещаясь в корневой зоне растений, в благоприятных условиях могут обеспечить до 45% потребности растений в азоте [2].

Применение биопрепаратов на основе азотфиксирующих бактерий позволяет направленно регулировать численность и активность полезной микрофлоры в ризосфере возделываемых культур, улучшать обеспеченность растений доступным азотом и за счет этого повышать продуктивность возделываемых культур и качество сельскохозяйственной продукции [3].

Цель исследования – оценить влияние инокуляции семян на биологическую активность почвы в ризосфере различных сортов сои.

Полевой опыт был заложен в 2021 г. на опытных полях ФГБНУ «Омский АНЦ» (зона южной лесостепи Западной Сибири). Площадь делянки 10 м², повторность опыта четырехкратная. Почва – лугово-черноземная среднemocная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 7-8%, без осенней обработки (минимальная), обеспеченность подвижным фосфором средняя и повышенная, калием – высокая. Инокуляция семян сортов сои Черемшанка и Сибирячка проводилась биопрепаратом Ризоторфин ВР 835 (ВНИИСХМ, г. Пушкин). Количественный учет микроорганизмов осуществлялся на плотных питательных средах согласно общепринятым методикам [4]. Выполнена статистическая обработка экспериментальных данных [5].

За вегетационный период 2021 г. среднемесячные значения температуры воздуха были повышенными. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май-август составил 0,7 ед., что указывает на засушливость условий периода вегетации.

В процессе исследований был выполнен учет численности основных агрономически значимых групп микроорганизмов: бактерий-сапрофитов (на МПА) – для бактерий, утилизирующих органические соединения азота; амилотических микроорганизмов (на КАА) – потребляющих азот в минеральной форме (NH_4); среда Мишустинной – для олигонитрофилов; среда Муромцева – Герретсена – для фосфатмобилизирующих бактерий; водный выщелоченный агар с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты – для нитрификаторов; среда Чапека, подкисленная молочной кислотой – для почвенных микроскопических грибов; азотфиксирующие микроорганизмы – на среде Эшби.

В ризосфере сорта сои Сибирячка при применении Ризоторфина ВР 835 количество бактерий-сапрофитов в сравнении с контролем было выше на 54%, численность амилотических микроорганизмов также возросла почти в 2 раза, что связано с ускорением мобилизационных процессов (таблица).

Одним из важных показателей активности биологических процессов в почве является соотношение групп микроорганизмов, развивающихся на КАА и на МПА. Увеличение этого соотношения свидетельствует о преобладании в почве процесса минерализации и интенсивном использовании азота почвы, а его снижение – об усилении гумификационных процессов [6].

Установлено, что в год проведения исследований в ризосфере сортов сои Сибирячка и Черемшанка преобладали процессы иммобилизации (закрепления) азота в клетках микроорганизмов ($\text{МПА/КАА} > 1$).

Обработка семян сои Ризоторфином ВР 835 способствовала увеличению численности олигонитрофилов в ризосфере исследуемых сортов на 26 и 90%, усиливая их адаптационные возможности к засушливым условиям (таблица).

Следует отметить рост численности фосфатмобилизирующих бактерий в ризосфере сорта Сибирячка – на 57% по отношению к контролю. Проведённые исследования показали, что инокуляция семян сои биопрепаратом не оказала значительного влияния на изменение численности нитрификаторов, вследствие преобладания в почве ризосферы сои иммобилизационных процессов азота, образующегося при разложении органических азотсодержащих соединений.

Численность азотфиксаторов в острозасушливых условиях 2021 г. варьировала от 1,5 до $2,2 \cdot 10^6$ КОЕ/г. В ризосфере сорта Сибирячка отмечалось увеличение данной группы микроорганизмов на 47%. В контрольном варианте в ризосфере сорта Черемшанка отмечались наибольшие показатели численности микроскопических грибов.

Таблица 1 – Влияние инокуляции семян сои биопрепаратом Ризоторфин на численность микроорганизмов в ризосфере двух сортов сои, КОЕ/г

Вариант	Аммонификаторы, 10 ⁶	Амилолитики, 10 ⁶	Олигонитрофилы, 10 ⁶	Фосфатмобилизующие, 10 ⁶	Нитрификаторы, 10 ³	Азотфиксаторы, 10 ⁶	Микромицеты, 10 ³	Общая численность, 10 ⁶
Черемшанка К	22,5±1,8	21,2±1,0	52,1±4,8	24,6±1,5	0,6±0,10	1,8±0,01	111,3±18,5	122,3±9,1
Черемшанка Ризоторфин ВР 835	28,1±0,3	20,6±1,2	65,9±0,8	27,9±0,5	0,7±0,05	1,5±0,08	26,5±6,1	144,0±2,9
Сибирячка К	25,7±0,9	20,3±1,3	54,2±4,2	25,8±1,1	0,6±0,10	1,5±0,06	22,7±7,1	127,5±7,6
Сибирячка Ризоторфин ВР 835	39,5±30,5	36,6±3,4	103,1±9,9	40,6±3,1	0,4±0,05	2,2±0,14	29,0±5,3	222,0±19,6

В варианте с применением биопрепарата их численность снизилась более, чем в 4 раза, что, вероятно, обусловлено фунгицидным действием азотфиксирующих бактерий и является положительной тенденцией, так как среди этой группы микроорганизмов встречаются возбудители различных заболеваний сои, следовательно, снижается риск возникновения болезней культуры. Применение биопрепарата на сорте Сибирячка в 2021 г. способствовало увеличению численности грибов лишь на $6,7 \cdot 10^3$ КОЕ/г по сравнению с контролем. Различное влияние биопрепаратов на численность почвенных микроорганизмов обусловлено генотипическими особенностями культуры, разной отзывчивостью на инокуляцию и может быть проявлением синергического эффекта микроорганизмов в многокомпонентной системе, результатом взаимного воздействия микроорганизмов друг на друга [6].

Таким образом, наиболее отзывчивым сортом на инокуляцию семян сои биопрепаратом Ризоторфин ВР 835 был сорт Сибирячка, где отмечается увеличение общей численности микроорганизмов по сравнению с контролем на 75%.

Литература

1. Клевенская И.Л. Микрофлора почв Западной Сибири / И. Л. Клевенская, Н.Н. Наплекова, Н.И. Гантимурова. – Новосибирск: Наука, 1970. – С. 92-115.
2. Эффективность препаратов ассоциативных азотфиксаторов при инокуляции семян различных сортов ячменя в условиях юга Западной Сибири / А. М. Стрелецкий, О. Ф. Хамова, Н. А. Поползухина [и др.] // Плодородие. – 2018. – № 4(103). – С. 49-52.
3. Тихонович И.А. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов // Плодородие. – 2018. – № 5 (32). – 1 с.
4. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова: под ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Надежкин С.М. Подвижные формы органического вещества в полевых агроценозах / С.М. Надежкин // Системы воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: материалы Всерос. науч.- практ. конф. (27-29 июня 2001г). – Белгород: Крестьянское дело, 2001. – 139-141 с.

УДК 579.2

**ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ
В АНТАРКТИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ СООБЩЕСТВАХ,
ВЫЯВЛЕННОЕ МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ *IN SITU*
ГИБРИДИЗАЦИИ**

Величко Н.В., Рабочая Д.Е., Макеева А.С., Пиневиц А.В.
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет
n.velichko@spbu.ru

Аннотация. В настоящее время антарктические почвенные микроорганизмы в целом достаточно хорошо охарактеризованы, однако гиполитные сообщества до сих пор являются наименее изученными среди наземных экосистем, несмотря на то, что предположительно являются предшественниками более развитых почвенных образований полярных областей, а также холодных высокогорий и жарких пустынь. Проведенное нами исследование посвящено описанию таксономического состава оксигенных фототрофных бактерий (цианобактерий) обнаруженных на стеклах обрастания Росси-Холодного, которые были экспонированы в гиполитных почвенных горизонтах оазисов Восточной Антарктиды.

Ключевые слова: Антарктида, почвы, биопленки, цианобактерии, FISH.

На континентальной части Антарктического континента в условиях экстремального холода, недостатка влаги и высокого уровня УФ-радиации часто встречаются сообщества микроорганизмов, образующих гиполитные биокосные системы. Они обычно формируют маломощные органогенные горизонты в почвенном мелкоземле на 1-2 см ниже верхнего почвенного слоя, состоящего из камней, гравия или щебня — под так называемой «каменной мостовой» [1]. В некоторых сообществах гиполитных микроорганизмов преобладают оксигенные фототрофы (цианобактерии, зеленые микроводоросли, а также лишайники и мхи), которые являются первичными продуцентами органического вещества и поставщиками углерода для гетеротрофного компонента (микромикетов и хемогетеротрофных бактерий) [2, 3]. Известно, что в экстремальных условиях выживания отбирается почвенная микробиота с короткими пищевыми цепями. Согласно литературным данным, в антарктических почвенных консорциумах обычно встречаются гетеротрофные бактерии — представители *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Gemmatimonadetes* и *Deinococcus-Thermus* [4-9]. Установлено, что

их таксономический состав зависит не только от физико-химической характеристики почвы, ее географического положения и климатической зоны, но и глубины почвенного горизонта. Так, например, в верхних слоях антарктических почв могут располагаться преимущественно хемогетеротрофы (*Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* и *Proteobacteria*) наряду с фототрофными кислородными (Цианобактерии) и анаэробными (*Chloroflexi*) бактериями [4]. В то же время на глубине 0,5-2 м (и более) встречаются преимущественно представители *Actinobacteria*, *Firmicutes* и *Betaproteobacteria* [4, 10].

В представленной нами работе проведен анализ таксономического состава почвенных антарктических цианобактерий с помощью пластинок обрастания Росси-Холодного («стекло обрастания»), заложенных в гиполитных горизонтах почв оазисов Холмы Ларсеманн и оазиса Ширмахер (Восточная Антарктида). При этом стерильные предметные стекла (75×25 мм) экспонировались в течение длительного периода времени в вертикальном положении на глубине 2-3 см. По окончании экспонирования стекла извлекли из подповерхностных слоев почвы и изучали с помощью методов световой и конфокальной микроскопии, а также флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH) [11]. При этом образцы почвенных микробиоценозов, представленных на стеклах обрастания, фиксировали 2%-ным раствором параформальдегида в течение 3 ч в буфере PBS (15 мМ К/Na-фосфат, pH 7,3) при +4°C. Фиксированный материал отмывали буфером PBS, последовательно обезвоживали в серии этанольных спиртов возрастающей концентрации и высушивали при 37°C 30 мин. Подготовленный таким образом материал гибридизовали со специфичными олигонуклеотидными зондами при +46°C в буфере содержащем 25 мМ Трис-HCl, pH 8,0, 50 мМ NaCl, 0,01% SDS, 5 мМ Na₂-ЭДТА и 30-35%-ный формамид. *In situ* детекцию групп цианобактерий и других микроорганизмов проводили с помощью таксон-специфичных олигонуклеотидных зондов, конъюгированных с разными типами флуорохромов AlexaFluor [12, 13]. Гибридизованные препараты отмывали в буфере, содержащем 20 мМ Трис-HCl/pH 8,0, 15 мМ NaCl, 0,01% SDS, 1 мМ Na₂-ЭДТА, а затем дополнительно окрашивали с помощью стандартного раствора 4',6-диамидино-2-фенилиндола (DAPI). Подготовленные препараты исследовали с помощью лазерного сканирующего конфокального микроскопа Leica TCS-SP5 (Leica Microsystems GmbH, Германия).

В результате проведенного таксономического анализа нами было установлено, что в качестве фототрофного компонента в гиполитных почвенных сообществах выступают преимущественно нитчатые цианобактерии р. *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Phormidismis*, *Microcoleus*, *Oscillatoria*, *Scytonema*, *Nostoc*, *Calothrix*, *Stigonema*, *Nodularia*, *Tolypothrix* и *Hassallia*. При этом наиболее часто встречаются осцилляториевые цианобактерии *Lyngbya antarctica*, *Leptolyngbya* sp., и *Phormidium* sp. Среди нитчатых велика доля гетероцистных цианобактерий *Calothrix* sp., *Nostoc commune*, *N. punctiforme* и *N. sphaericum*, которые, как известно, являются основными поставщиками азота в почвенные экосистемы оазисов континентальной части Антарктиды.

Одноклеточные представители *Chroococcus* sp., *Gloeocapsa* sp. и *Gloeocapsopsis* sp. также были отмечены нами, но в качестве минорного компонента комплекса цианобактерий. Наряду с цианобактериями в некоторых образцах доминировали зелёные (*Zygnema* sp. и *Klebsormidium* sp.) и диатомовые (*Planothidium* sp., *Pseudostaurosira* sp., *Pinnularia* sp. и *Luticola* sp.) эукариотические микроводоросли, а также меланизированные микромицеты – представители кл. Dothideomycetes (отдел Ascomycota).

Таким образом, нами обнаружено, что в консорциумах микроорганизмов гиполитных горизонтов континентальной части Антарктиды преобладают нитчатые цианобактерии. Полученные результаты хорошо согласуются с ранее опубликованными данными, свидетельствующими о том, что в антарктических почвах доминируют нитчатые цианобактерии р. *Oscillatoria*, *Microcoleus*, *Phormidium*, *Leptolyngbya*, *Nostoc* и *Anabaena* [3, 5, 14]. При этом многие авторы полагают, что трихомы цианобактерий, которые часто доминируют в антарктических микробных консорциумах (включая наземные обрастания, почвенные биопленки и бентосные маты) ответственны за формирование их основной волокнистой структуры [3, 8, 15, 16, 17, 18].

Исследование поддержано грантом РФФ №22-24-00590 и проведено на базе РЦ СПбГУ «Хромас» и «Развитие молекулярных и клеточных технологий».

Литература

1. Hypolithic communities shape soils and organic matter reservoirs in the ice-free landscapes of East Antarctica / N. Mergelov, A. Dolgikh, I. Shorkunov, [et al.] // Scientific reports. – 2020. – V. 10(1). – P. 1-19.
2. Rock black fungi: excellence in the extremes, from the Antarctic to space / L. Selbmann, L. Zucconi, D. Isola, S. Onofri // Current Genetics. – 2015. – V. 61. – P. 335-345.
3. Highly differentiated soil bacterial communities in Victoria Land macro-areas (Antarctica) / M. Severgnini, F. Canini, C. Consolandi [et al.]// FEMS Microbiology Ecology. – 2021. – V. 97(7) – fiab087.
4. Bacterial community structures of Antarctic soils / E.M. Bottos, J.W. Scarrow, S.D.J. Archer [et al.]// In: Antarctic terrestrial microbiology, Cowan D.A. (eds.), Springer, Berlin-Heidelberg. – 2014. – P. 9-33.
5. Metagenomic analysis of a southern maritime Antarctic soil / D.A. Pearce, K.K. Newsham, M.A. Thorne [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2012. – V. 3-403.
6. Lambrechts S., Willems A., Tahon G. Uncovering the uncultivated majority in Antarctic soils: toward a synergistic approach // Frontiers in Microbiology. – 2019. – V. 10-242.
7. Microbial community composition in soils of Northern Victoria Land, Antarctica / T.D. Niederberger, I.R. McDonald, A.L. Hacker [et al.] // Environmental Microbiology. – 2015. – V. 10. – P. 1713-1724.

8. Actinobacteria and Cyanobacteria diversity in terrestrial Antarctic microenvironments evaluated by culture-dependent and independent methods / A. Rego, F. Raio, T. Martins [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2018. – V. 10-1018.
9. Almela P., Justel A., Quesada A. Heterogeneity of microbial communities in soils from the Antarctic Peninsula region // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – V. 12. – P. 1-13.
10. Prokaryotic communities and operating metabolisms in the surface and the permafrost of Deception Island (Antarctica) / Y. Blanco, O. Prieto-Ballesteros, M.J. Gómez [et al.] // *Environmental Microbiology*. – 2012. – V. 14. – P. 2495-2510.
11. Amann R. Fuchs B.M., Behrens S. The identification of microorganisms by fluorescence in situ hybridization // *Current Opinion in Biotechnology*. – 1996. – V. 12. – P. 231-236.
12. The oligonucleotide probe database / E.W. Alm, D.B. Oerther, N. Larsen [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1996. – V. 62. – P. 3557-3559.
13. Loy A., Horn M., Wagner M. ProbeBase: an online resource for rRNA-targeted oligonucleotide probes // *Nucleic Acids Research*. – 2003. – V. 31(1). – P. 514-516.
14. Patterns of bacterial diversity across a range of Antarctic terrestrial habitats / E. Yergeau, K.K. Newsham, D.A. Pearce, G.A. Kowalchuk // *Environmental Microbiology*. – 2007. – V. 9. – P. 2670-2682.
15. Christmas N.A.M., Anesio A.M., Sanchez-Baracaldo P. Multiple adaptations to polar and alpine environments within cyanobacteria: a phylogenomic and Bayesian approach // *Frontiers in Microbiology*. – 2015. – V. 6. – 1070.
16. On the use of high-throughput sequencing for the study of cyanobacterial diversity in Antarctic aquatic mats / I.S. Pessi, P.D.C. Maalouf, H.D. Laughinghouse [et al.] // *Journal of Phycology*. – 2016. – V. 52. – P. 356-368.
17. Microbial communities and their predicted metabolic functions in growth laminae of a unique large conical mat from Lake Untersee, East Antarctica / H. Koo, N. Mojib, J. A. Hakim [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2017. – V. 8-1347.
18. Prieto-Barajas C.M., Valencia-Canterob E., Santoyo G. Microbial mat ecosystems: structure types, functional diversity, and biotechnological application // *Electronic Journal of Biotechnology*. – 2018. – V. 31. – P. 48-56.

УДК 579.26

ИСПЫТАНИЕ АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ СТАРИННЫХ ГЕРБАРНЫХ ОБРАЗЦОВ

Домрачева Л.И.^{1,2}, Ковина А.Л.¹

¹ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
dli-alga@mail.ru

Аннотация. Доказана жизнеспособность различных групп ризосферной микробиоты 3-х видов растений семейства Лютиковые (сбор 1899 г.). Выявлена антагонистическая активность микромицета *Trichoderma* sp. по отношению к фитопатогенным грибам р. *Fusarium*. Проведено сравнение антагонистической активности культур *Trichoderma* sp. и *T. lignorum*, входящих в состав биопрепарата «Триходермин». Доказана высокая степень антагонистической активности *Trichoderma* sp., выделенной из ризосферной почвы лютика ядовитого по отношению к фитопатогенным грибам *F. culmorum* и *F. oxysporum*.

Ключевые слова: ризосферная микробиота, *Trichoderma*, *Fusarium*, тест-организмы, микробный антагонизм.

Неоднократно была доказана способность различных групп микроорганизмов (бактерий, водорослей и грибов) длительное время оставаться жизнеспособными, находясь в высушенном состоянии в гербарных экземплярах [1]. Старинные гербарные образцы сохраняют пул организмов былых эпох. «Жизнью после смерти» была названа коллекция грибов из гербария Государственного музея природы Карлсруэ [2]. Полагают, в частности, что значение этой коллекции связано с возможностью заимствований для различных научно-исследовательских проектов.

В гербарной коллекции кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА сохранились образцы 3-х видов растений семейства Ranunculaceae: прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill), лютик ядовитый (*Ranunculus sceleratus* (L.)) и лютик золотистый (*R. auricomus* (L.)), собранные в 1899 г. под Санкт-Петербургом, с комочками высохшей ризосферной почвы на поверхности корней.

Ризосфера является местом интенсивного взаимодействия растений с микробными партнерами. В этих взаимоотношениях сигнальные молекулы, выделяемые растениями, влияют и на первичное инициирование, и на последующее поведение микроорганизмов в сложных ассоциациях, таких, например, как биоконтроль. Колонизация корней растений – важный этап как для почвенных патогенов, так и для полезных ризобактерий. Продуцируемые ими антибиотики являются важным фактором подавления болезней корней [3, 4]. Поэтому ризосферные микроорганизмы находятся в зоне постоянного внимания исследователей как потенциальные носители полезных для растения свойств. В этом плане интересны не только микробы, выделяемые из

ризосферы и ризопланы современных растений, но и те реликтовые формы, которые можно получить, работая с гербарными образцами растений [5].

В наших опытах проводили смыв ризосферной почвы с гербарных образцов с последующим посевом почвенных разведений на агаризованные среды: ГРМ-агар (гидролизат рыбной муки) – для учета аммонифицирующих бактерий и на среду Чапека – для учета грибов. Параллельно с количественным учетом микроорганизмов выделили в чистую культуру микромицет *Trichoderma* sp. В дальнейшем методом агаровых блоков определяли степень антагонистической активности данного гриба по отношению к трем видам фитопатогенов: *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum*, *F. poae*.

Количественный учет ризосферной микробиоты исследуемых гербарных образцов показал, что численность грибов колеблется от 15 до 575 тыс. КОЕ/г и составляет от 15 до 87% от общего количества ризосферных микроорганизмов (табл. 1). Наиболее ярко выражены специфические особенности ризосферы лютика ядовитого, где на долю микромицетов приходится свыше 87% от общей численности микробов. При этом более 90% выросших колоний представлены грибами р. *Trichoderma*.

Таблица 1 – Численность микромицетов и их доля в общей численности микроорганизмов в ризосферной почве гербарных образцов растений семейства Ranunculaceae

Ризосферная почва	Численность микромицетов (КОЕ•10 ³ /г)	Содержание микромицетов (%)
Лютик золотистый	90±14	27,7
Лютик ядовитый	575±18	87,2
Прострел раскрытый	15±7	15,3

Проведение испытаний антагонистической активности данного гриба против трех видов фитопатогенных грибов р. *Fusarium* показало, что триходерма подавляет активность роста *F. culmorum* и *F. oxysporum* в 2 и в 3 раза по сравнению с контролем соответственно. В то же время практически не влияет на развитие *F. poae* (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние *Trichoderma* sp. на степень развития фитопатогенных грибов на поверхности питательной среды (%)

Вариант	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium poae</i>
Контроль	100	60	100
<i>Trichoderma</i> sp.	50	20	100

Сравнение антагонистической активности культуры гриба *Trichoderma* sp., вырезанных в виде дисков с газонов, растущих на среде Чапека, и дисков *T. lignorum*, входящей в состав биопрепарата триходермин, при внесении на газоны *F. culmorum* показало, что *T. lignorum* способствует образованию зон лизиса на газоне фузариума, не превышающего 3 мм. В то же время *Trichoderma* sp. полностью растворяет мицелий фузариума в диапазоне более 1,5 см.

Таким образом, выделенный из ризосферной почвы старинного гербарного образца штамм *Trichoderma* sp. можно рассматривать как перспективный биотехнологический объект для подавления фитопатогенных грибов р. *Fusarium*.

Литература

1. Scholler M. Leben nach dem Tod: Die Pilzsammlungen des Herbariums des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe (KR) // Andrias. – 2012. – No 19. – P. 139-143.
2. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. – М., «Наука», 1976. – 143 с.
3. Exploiting new systems-based strategies to elucidate plant-bacterial interactions in the rhizosphere / P.D. Kiely, J.M. Haynes, C.N. Higgins [et al.] // Microbial Ecol. 2006. – V. 51. – № 3. – P. 257–266.
4. Buchenauer H. Principles in biological control of soil-born diseases: Colonization, antagonism, plant growth promotion and induced resistance // Mitt. Biol. Bundesanst. Land and Forstwirt. Berlin-Danlem. – 2006. – № 408. – P. 20–29.
5. Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Малинина А. И. 120-летняя сохранность ризосферной микрофлоры гербарных образцов растений семейства Ranunculaceae (Лютиковые) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Кн. 1. – Киров: ВятГУ, 2018. – С. 230-233.

УДК 911.2:[631.4+574.9] (470.31)
ПОЧВЕННЫЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ НАУЧНО-УЧЕБНОЙ СТАНЦИИ
МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА «САТИНО»

Дорохова М.Ф.
МГУ им. М.В. Ломоносова
dorochova@mail.ru

Аннотация. Для территории научно-учебной станции (НУС) МГУ им. М.В. Ломоносова «Сатино» (Калужская область) впервые получены данные о видовом составе почвенных цианобактерий как компоненте альго-цианобактериальных сообществ в ландшафтах с разным типом землепользования. Выявлена специфика состава и особенности вертикального распределения цианобактерий в почвах под разными типами леса, на вырубках разного возраста и на пашне.

Ключевые слова: цианобактерии, микрофототрофы, научно-учебная станция (НУС) МГУ.

Научно-учебная станция МГУ им. М.В. Ломоносова «Сатино» находится в Боровском районе Калужской области и служит для проведения комплексной географической практики студентов 1 курса Географического факультета, а также научных исследований в разных направлениях географии.

Она расположена на юго-востоке Смоленско-Московской возвышенности в среднем течении реки Протвы и представляет собой вторичную моренно-ледниковую равнину с преобладанием дерново-подзолистых почв в почвенном покрове. С геоботанической точки зрения НУС «Сатино» находится у южной границы зоны широколиственно-хвойных лесов, что определяет сочетание бореальных и неморальных видов в кустарниковом и травяном ярусах фитоценозов.

Особенностью территории НУС «Сатино» является длительное (более 200 лет) функционирование почв в условиях интенсивного лесопользования и распашки, в циклах «лес-вырубка-лес» и «лес-пашня-лес» [1].

Целью исследований было выявление биоразнообразия и специфики альгоцианобактериальных сообществ в природных и антропогенно нарушенных почвах.

Пробы почв отобраны в июне-начале июля до глубины 35-40 см на ключевых участках с разным типом землепользования: под лесом (в трех типах условно-коренных лесов и в двух производных), на вырубках (возрастом 5, 10-20 и 30-40 лет), на лугах (двух суходольных и пойменном) и на пашне (под посевами ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) и тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.)). Цианобактерии и водоросли изучены общепринятыми в почвенной альгологии методами [2-4] на среде Данилова на вытяжке из изучаемых почв и основной среде Болда (ВВМ). Для идентификации некоторых видов они выделялись в альгологически чистые культуры. Определение видов проведено с помощью [5-7].

В почвах НУС «Сатино» обнаружено 160 видов и внутривидовых таксонов микрофототрофов, из них 35 – цианобактерий (21,9%). Таксономический состав цианобактерий представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Таксономический состав цианобактерий в почвах научно-учебной станции МГУ «Сатино»

Порядки	Семейства	Роды	Число видов
Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	2
	Aphanothecaceae	<i>Aphanothece</i>	1
Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i>	2
	Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbya</i>	7
	Trichocoleusaceae	<i>Trichocoleus</i>	1
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i>	7
	Microcoleaceae	<i>Pseudophormidium</i>	1
		<i>Symploca</i>	1
Nostocales	Nostocaceae	<i>Desmonostoc</i>	1
		<i>Nostoc</i>	1
		<i>Cylindrospermum</i>	1
		<i>Trichormus</i>	1
		<i>Anabaena</i>	1
	Tolypothrichaceae	<i>Tolypothrix</i>	1
	Calothrichaceae	<i>Calothrix</i>	1

Разнообразие цианобактерий в почвах с разным типом землепользования составляет 13-15 видов, при этом доля цианобактерий в структуре фототрофных микроорганизмов несколько различается: она минимальна в почвах лесов и максимальна – в почвах под луговой растительностью (рис. 1).

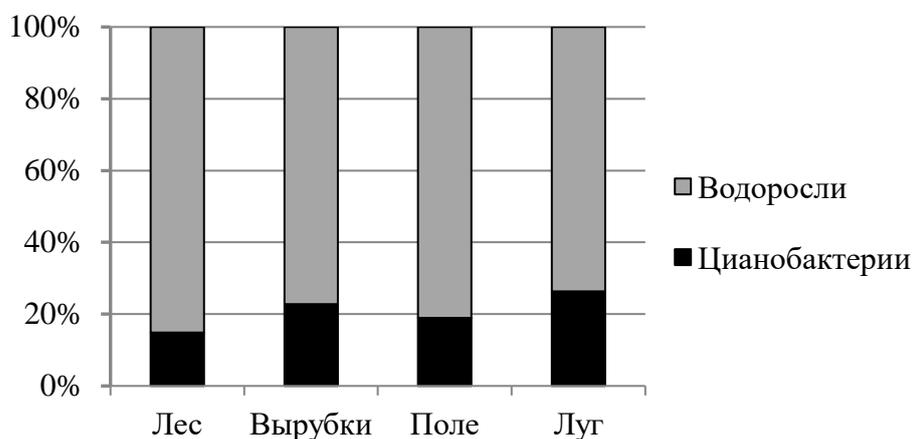


Рисунок 1 – Структура фототрофных микроорганизмов в почвах НУС «Сатино» с разным типом землепользования (% от общего числа видов микрофототрофов)

Состав цианобактерий имеет свою специфику в почвах с разным типом землепользования, что хорошо видно при сопоставлении родовых спектров (рис. 2).

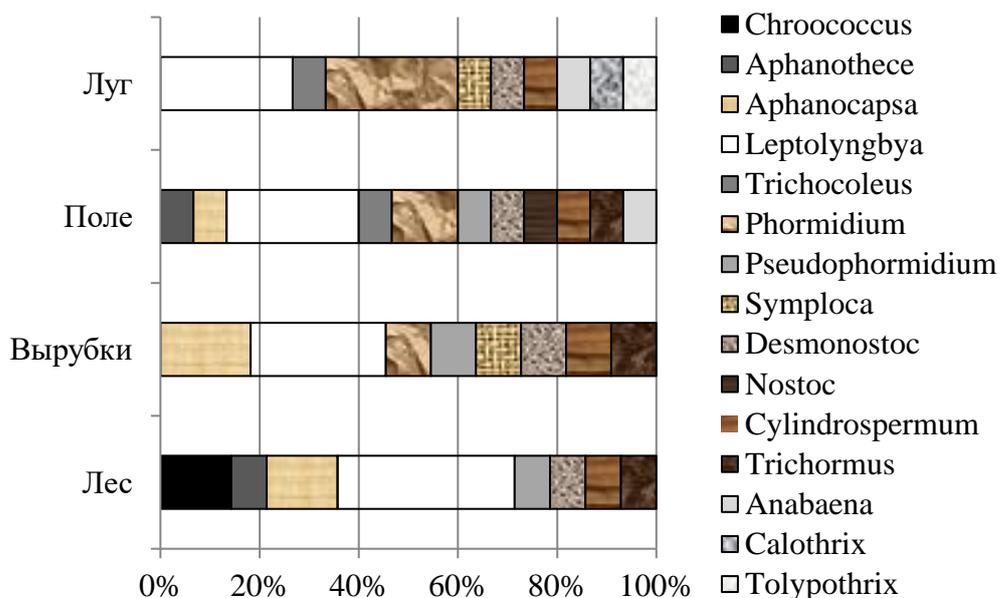


Рисунок 2 – Родовые спектры цианобактерий в почвах НУС «Сатино» с разным типом землепользования (% от общего числа видов цианобактерий для каждого типа землепользования)

Только в почвах лесов обнаружены представители пор. Chroococcales. Они заселяют преимущественно лесную подстилку и свободные от подстилки участки поверхности почвы. Наибольшее число видов цианобактерий в почвах лесов принадлежит роду *Leptolyngbya*. Для лесных почв района исследования характерно небольшое разнообразие азотфиксирующих цианобактерий (рис. 2). Такие виды, как *Trichormus variabilis* (Kützing ex Bornet & Flahault) Komárek & Anagnostidis и *Cylandrospermum licheniforme* Kützing ex Bornet & Flahault обнаружены только на опушке леса у границы с полем. Характер распределения цианобактерий в профиле почвы несколько отличается в разных типах леса. Так, в бореальном ельнике большая часть видов приурочена к лесной подстилке, а в елово-широколиственном лесу – к верхней части (0-5 см) аккумулятивно-гумусового горизонта. На глубине 30-40 см культуральными методами обнаружен лишь один вид.

Вырубка леса сопровождается уничтожением напочвенного покрова, перемешиванием верхних горизонтов почвы и последующим лесовозобновлением елью. Состав цианобактерий и альго-цианобактериальных группировок в целом определяется сукцессией высших растений. На молодых (< 5 лет) вырубках под разнотравно-луговыми фитоценозами доля цианобактерий возрастает до 23,1%. Они обитают только в слое 0-3 (4) см почвы, в формирующемся гумусовом горизонте. По сравнению с вырубками большего возраста их видовой состав наиболее разнообразен (6 видов из 6 родов, в том числе два азотфиксирующих вида – *Trichormus* sp. и *Desmonostoc muscorum* C. Agardh ex Bornet & Flahault). Смыкание крон подроста происходит через 10-20 лет, в этот период начинают формироваться альго-цианобактериальные сообщества лесного типа. Разнообразие цианобактерий и их доля в альго-цианобактериальных сообществах падает (2 вида, или 7,7% от

общего числа видов). На вырубках 30-летнего возраста в составе альгоцианобактериальных сообществ намечаются различия, обусловленные особенностями исходных типов леса. Это проявляется в том числе в разнообразии цианобактерий в почвах вырубок – минимальном (1 вид, или 4% от общего числа видов микрофототрофов) в контуре бореального ельника и максимальном (7 видов, 26,9%) – в контуре елово-широколиственного леса. Цианобактерии проникают на глубину 20-30 см. В целом родовой спектр цианобактерий в почвах вырубок по сравнению с лесными почвами обогащается представителями родов *Phormidium* и *Symploca* (рис. 2).

Почвы полей отличаются наиболее разнообразным спектром родов цианобактерий и наибольшей представленностью видов семейства Nostocaceae (рис. 2). Вертикальное распределение цианобактерий в профиле пахотных почв определяется флористическим составом посевов и агротехникой: в почве под многолетней тимофеевкой по сравнению с почвой под яровым ячменем цианобактерии более равномерно заселяют верхние 20 см почвы.

В почвах под луговой растительностью, как и в пахотных, разнообразны азотфиксирующие виды цианобактерий (рис. 2). Из них *Tolypothrix tenuis* Kützing ex Bornet & Flahault и *Calothrix elenkinii* Kossinskaja на территории НУС «Сатино» обнаружены только в почвах лугов. На лугах отмечено наибольшее видовое разнообразие рода *Phormidium*.

Состав цианобактерий в почвах разного типа землепользования на территории НУС «Сатино» обладает довольно высокой степенью сходства, о чем свидетельствуют значения коэффициента флористической общности Жаккара (табл. 2).

Полученные результаты соответствуют данным о составе цианобактерий в почвах Нечерноземной зоны России, имеющимся в литературе [2, 8-15], однако они не являются исчерпывающими для НУС «Сатино».

Таблица 2 – Значения коэффициента флористической общности Жаккара для цианобактерий почв НУС «Сатино» с разным типом землепользования

Фитоценоз	Лес	Вырубки	Поле	Луг
Лес	-	0,47	0,45	0,17
Вырубки		-	0,44	0,30
Поле			-	0,43
Луг				-

Исследования в весенний и осенний периоды будут способствовать более полному выявлению биоразнообразия микрофототрофов в почвах.

Литература

1. Экосистемы широколиственно-хвойных лесов южного Подмосковья (Материалы почвенно-биогеографических исследований) / Научн. ред. Н.С. Касимов. – М.: Географический факультет МГУ, 2006. – 180 с.
2. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
3. Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (*Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales*). – СПб.: Наука, 1998. – 351 с.
4. Почвенная альгология / Л.И. Домрачева., Ю.Н. Зыкова, А.Л. Ковина, Л.В. Трефилова. – Киров: Вятская ГСХА, 2017. – 86 с.
5. Komárek J. Cyanoprokaryota III: Nostocales, Stigonematales // Süßwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 19/3: Cyanoprokaryota. – Berlin: Springer-Verlag, 2013. – 577 p.
6. Komárek J. and Anagnostidis K. Cyanoprokaryota I. Teil: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 19/1: Cyanoprokaryota. – Berlin: Springer-Verlag, 1998. – 551 p.
7. Komárek J. and Anagnostidis K. Cyanoprokaryota II. Teil: Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 19/2: Cyanoprokaryota (Berlin: Springer-Verlag, 2005. – 385 p.
8. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. – М.: Наука, 1984. – 149 с.
9. Штина Э.А. Водоросли дерново-подзолистых почв и их роль в почвенных процессах: Дис. ... докт. биол. наук. – М., 1955. – 525 с.
10. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 143 с.
11. Панкратова Е.М. Роль азотфиксирующих сине-зеленых водорослей (цианобактерий) в накоплении азота и повышении плодородия почвы: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Москва, 1981. – 39 с.
12. Помелова Г.И. Динамика почвенных водорослей в севообороте: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Пермь, 1971. – 18 с.
13. Носкова Т.С. Сообщества водорослей некоторых почв Кировской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Горький, 1968. – 19 с.
14. Кондакова Л.В., Домрачева Л.И. Флора Вятского края. Часть 2. Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов). – Киров: ОАО «Киров. обл. тип.», 2007. – 192 с.
15. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. – Сыктывкар, 2005. – 336 с.

**ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ РОДНИК ПРИКАМЬЯ**

Емелев С.А., Савиных Е.Ю.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
k-selex@vgsha.info

Аннотация. Исследования применения живых биологических препаратов в качестве регуляторов развития на яровом ячмене. Выявлены биопрепараты, повышающие урожайность ярового ячменя Родник Прикамья.

Ключевые слова: живые биопрепараты, яровой ячмень, Родник Прикамья, влияние, урожайность.

Современное сельское хозяйство неразрывно связано с использованием различных химических препаратов (удобрений, пестицидов, регуляторы роста и т.д.). В производстве продуктов питания основными источниками загрязнения являются пестициды, минеральные и органические удобрения, применяемые в повышенных дозах, и при несоблюдении научно-обоснованных норм.

Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов или продукты их метаболизма. Технологии в целом основаны на использовании микробиологических препаратов, представляющих из себя живые клетки отобранных по полезным свойствам микроорганизмов. Такой препарат позволяет создать высокие концентрации штаммов микроорганизмов (в 1 грамме препарата содержится до 1-5 млрд. клеток микроорганизмов) в нужном месте и в нужное время. За счет этого внесенные формы могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой и захватывать экологические ниши, предоставляемые им растением [1, 2].

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты: ризоагрин Б, флавобактерин, псевдобактерин-2, ж, микробиологическое фосфорное удобрение, азолен, Ж, биоагро-гум-В, биоагро-гум-Р в жидкой форме и органо-минеральное удобрение гумат +7 [3].

На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии выявлено мутагенное [4], рострегулирующее и фунгицидное действие на ячмене агрохимикатов и биопрепаратов на основе ризосферных бактерий из родов *Pseudomonas* и *Bacillus* [5-7], но слабо изучено влияние на растения ячменя микробиологических жидких удобрений на основе ризобактерий из родов *Bacillus* и *Pseudomonas* (Биоагро-Гум-В и Биоагро-Гум-Р).

Цель исследования – изучить влияние микробиологических препаратов в жидкой препаративной форме на рост, развитие растений и урожайность ярового ячменя.

Лабораторные исследования проводились на яровом ячмене сорта Родник Прикамья урожая 2019 года. Для обработки семян использовали препараты

приведенные в таблице 1, из расчета концентрации – 1 л/т. Семена обрабатывали в день посева в соответствии с вариантами опыта (табл. 2).

Таблица 1 – Препараты, использованные в эксперименте

Биопрепарат	Род, вид	Титр
Азолен, Ж	<i>Azotobacter vinelandii</i>	4-8•10 ⁹ кл./мл
Псевдобактерин-2, Ж	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> BS 1393	2•10 ⁹ кл./мл
Флавобактерин	<i>Flavobacterium fulvum</i>	2-4•10 ⁹ кл./мл
Микробиологическое фосфорное удобрение (МБФУ)	<i>Pseudomonas putida</i>	2-3•10 ⁹ кл./мл
Биоагро-гум-В	<i>Basillus pumilus</i> 3-Б	1•10 ⁹ кл./мл
Биоагро-гум-Р	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 1-Б	1•10 ⁸ кл./мл

Расход рабочей жидкости 20 л/т семян. В контрольном варианте семена сорта Родник Прикамья обрабатывали водой из расчета 20 л/т.

Сорт Родник Прикамья, созданный в ГУ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого и Пермский НИИСХ, является одним из самых востребованных и распространенных в Кировской области. Этот сорт среднеспелый, с высокой урожайностью, хорошими качественными показателями, средне засухоустойчивый, включен в список ценных по качеству сортов.

Полевые эксперименты проводились в 2020 г. на опытном поле Агротехнопарка Вятского ГАТУ. Почвы участка, на котором проводились исследования, дерново-подзолистые среднесуглинистые.

В каждом варианте обрабатывалось и высевалось из расчета нормы посева ярового ячменя 5 млн. всхожих семян на 1 га. Варианты размещены в 4-х кратной повторности. Посев проводился вручную на делянки площадью 4,5 м². Размещение делянок систематическое (ступенчатое) в четыре яруса.

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики, существенность различий между вариантом и стандартом устанавливали с помощью критерия Стьюдента [8].

Результаты исследований показали, что изучаемые препараты оказали стимулирующее действие на лабораторную всхожесть семян и начальное развитие растений сорта Родник Прикамья (табл. 2).

Лабораторная всхожесть семян 2020 г. оказалась близкой к нормативу (ГОСТ 52325-2005: всхожесть семян зерновых культур для посева должна быть не ниже 92,0%) [9]. Достоверное повышение показателя отмечено почти в половине вариантов опыта (табл. 2), максимальное значение получено при использовании препарата МБФУ – 99,0%.

Лабораторный опыт показал, что при обработке семян сорта Родник Прикамья под влиянием большинства препаратов наблюдалось увеличение длины только проростков ячменя на 8 день культивирования во влажной камере в рулонах (табл. 1). Усиление развития корневой системы у ячменя

сорта Родник Прикамья в 2020 г. отмечено только при обработке семян препаратом Биоагро-Гум-Р (соответственно до 11,2 см).

Увеличение длины проростков ячменя сорта Родник Прикамья отмечено при использовании всех препаратов опыта, но наиболее существенное наблюдалось при обработке семян псевдобактерин, флавобактерин, МФБУ – +13 и более % к контрольному варианту.

Таблица 2 – Влияние обработки семян различными биопрепаратами на рост и развитие растений ячменя сорта Родник Прикамья

Вариант	Лабораторная всхожесть, %	Длина, см	
		корни	проростки
Контроль с.з. (К _{сз})	92,3	10,5	12,4
Азолен	97,1•	9,8*	13,8***
Псевдобактерин	98,0•	10,4	14,0***
Флавобактерин	93,3	10,5	14,1***
МФБУ	99,0•	11,0	14,0***
Гумат+7	95,1	10,3	13,8**
Биоагро-Гум-В	97,1•	10,3	13,1*
Биоагро-Гум-Р	94,0	11,2	12,5
НСР _{0,95}	3,2		

Примечание: уровень достоверности: • - НСР_{0,95}; * - P>0,95; ** - P>0,99; *** - P>0,999.

Таким образом, использование биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания семян и развития корневой и надземной систем растений, что очень важно, когда условия для формирования семян неблагоприятны [3], что проявилось в период вегетации 2020 г.

В настоящее время, когда органическое земледелие начинает активно развиваться, использование биопрепаратов выходит на первый план как в стимуляции развития растений на начальных этапах, так и в последующей защите от вредоносных факторов среды биологического и небиологического происхождения.

Проводя анализ данных по урожайности кондиционных семян сорта Родник Прикамья (табл. 2), можно отметить положительное влияние всех препаратов.

В 2020 году урожайность в контрольном варианте составила 4,58 т/га, что на 0,8 т/га меньше предыдущего года – это связано с недостатком активных температур в период вегетации. Во всех вариантах опыта отмечена прибавка урожайности, но достоверная получена при обработке семян: гумат+7 (+0,48 т/га). Препараты Биоагро-Гум-В и Биоагро-Гум-Р показали прибавку урожайности близкую к достоверной 0,38 и 0,43 т/га (НСР_{0,95} – 0,45 т/га).

Таблица 2 – Влияние обработки семян различными биопрепаратами на урожайность ячменя сорта Родник Прикамья (2020 г.), т/га

Вариант	Урожайность	± к К _{сз}
Контроль с.з. (К _{сз})	4,58	—
Азолен Ж	4,76	0,17
Псевдобактерин-2,ж	4,84	0,25
Флавобактерин	4,88	0,30
МФБУ	4,91	0,33
Гумат +7	5,07	0,48
Биоагро-Гум-В	4,97	0,38
Биоагро-Гум-Р	5,02	0,43
НСР _{0,95}		0,45

Применение всех биопрепаратов положительно сказывается на полевой всхожести и выживаемости семян; наиболее значимую прибавку к урожайности дают препарат гумат+7 (прибавка 0,48 т/га).

Для получения высокой урожайности и снижения химической нагрузки необходимо использование биопрепаратов, при этом большая эффективность в современном сельском хозяйстве проявляется на фоне полных доз минеральных удобрений, рекомендованных для данной культуры в зоне возделывания.

Литература

1. Завалин А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 9-11.
2. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 154 с.
3. Емелев С.А. Активность биологических протравителей семян на яровом ячмене// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 9 (191). – С. 5-10.
4. Емелев С.А., Помелов А.В., Новоселов А.В. Влияние микробиологических препаратов на развитие ярового ячменя сорта Нур //Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. – С. 179- 183.
5. Емелев С.А., Дудин Г.П. Влияние мочевины на рост и развитие растений ячменя сорта Биос-1 в М₁ // Материалы XIX научно-практической конференции Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – Ижевск: Шеп, 1999. – С. 17-18.
6. Сорт «Биос 1» как исходный материал для селекции ячменя / Н.А. Жилин, И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова, С.А. Емелев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 2. – С. 96-100.
7. Информационный листок Россельхозцентра № 11/2020 г Исх.№ 1070 от 19.10.2020 г. / <https://rosselhoccenter.com/index.php/otdel-zashchity-rastenij-15>.

8. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко, М.В. Трифонова, А.Х. Заверюха и др. – М.: Колос, 1996. – 336 с.
9. Ступин А.С. Основы семеноведения. – СПб.: Лань, 2014. – 384 с.

УДК 579.64
ОСОБЕННОСТИ ЭПИФИТНОЙ МИКРОБИОТЫ СЕМЯН ПИХТЫ
КОРЕЙСКОЙ (*ABIES KOREANA*)

**Ефремова Е.В.¹, Забубенина Ю.С.¹, Лежнина О.В.¹,
Трефилова Л.В.¹, Домрачева Л.И.^{1,2}**

¹ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
*svid31@mail.ru, candyman30@mail.ru,
lezhninka@mail.ru, nm-flora@rambler.ru,
dli-alga@mail.ru*

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
ecolab2@gmail.com

Аннотация. Впервые проведено определение численности эпифитной микробиоты семян пихты корейской. Полученные результаты показали, что заселённость семян (*Abies koreana*) микроорганизмами, особенно грибами, достаточно высока и составляет свыше 108 тыс. КОЕ/ г.

Ключевые слова: хвойные растения, эпифитная микробиота, *Abies koreana*.

Пихта корейская (*Abies koreana*) является одной из самых ценных пород-интродуцентов для озеленительных посадок в условиях Центральной России, так как обладает рядом ценных свойств.

Род Пихта (*Abies*) относится к семейству *Pinacea* – Сосновые. Он объединяет около 40 видов, распространенных в умеренной зоне Северного полушария, и лишь немногие из них проникают по горным системам до Мексики.

Пихты – крупные вечнозелёные деревья, достигающие высоты 60-100 м, при толщине ствола до 2 м. Пихта корейская – стройное дерево высотой до 15-20 м. Крона четко пирамидальная, образованная гибкими, но плотными, расположенными ярусами и собранными в мутовки ветвями. Кора у молодых деревьев нежная и гладкая, у старых – грубая. Иглы глянцевые, темно-зелёные сверху и почти белые снизу, короткие (длиной 10-30 мм), расположены рядами очень плотно. На плодоносящих побегах иглы перевернуты изнанкой вверх, отчего вершины кажутся белыми. Шишки прямостоячие, цилиндрические, длиной 4-7 мм. Зрелые шишки фиолетово-пурпурные. Имеет множество оригинальных сортов, большинство из которых обладает вывернутыми белыми иглками. Наиболее распространёнными сортами считаются «*Silberlocke*», «*Silberzverg*». Как взрослые, так и молодые растения полностью зимо- и морозостойки [1].

Виды рода пихта отличаются стройной конической темно-зеленой или голубоватой кроной, что позволяет использовать их в качестве

высокодекоративных пород, востребованных в озеленении городов, где из них создаются аллеи, групповые и одиночные посадки. Хорошо переносят формовку кроны, поэтому могут использоваться для устройства живых изгородей или в топиарном искусстве. Кругляк пихты используется для изготовления мачт, столбов связи, свай и элементов мостов. Из пихты получают пиломатериалы общего назначения, в том числе для декоративной отделки интерьера; также древесина идет на химическую переработку и производство целлюлозы. В определенных для роста пихты растительных условиях формируется резонансная древесина, используемая для изготовления музыкальных инструментов.

Получаемый из коры пихтовый бальзам применяется в оптической промышленности и медицине, а пихтовое масло из хвои и молодых побегов – в парфюмерии. Пихты достаточно чувствительны к загазованности и задымленности воздуха, поэтому они могут быть индикаторами ухудшения экологической ситуации [2].

В процессе роста и развития древесные растения, в том числе хвойные, постоянно подвергаются воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, как абиотических (температура, влажность и т.д.), так и биотических (жизнедеятельность бактерий, грибов, животных).

Проращивание семян всегда сопровождается выпадением большей их части вследствие развивающихся заболеваний. Настоящим бичом для выращивания семян хвойных являются патогенные микроорганизмы, особенно грибы. Они могут находиться как в почве, так и на поверхности семян. Фитопатогенные грибы являются частью эпифитного сообщества и при развитии тесно взаимодействуют с другими представителями этого комплекса, в частности, с прокариотами. Эпифитная микробиота играет важную роль в жизни растения-хозяина: фиксирует азот; выполняет защитную функцию, угнетая развитие патогенных грибов, попадающих на поверхность растения. Положительное влияние эпифитов выражается в их способности продуцировать ауксины, активизирующие рост и развитие растений, редуцировать аэрозольные загрязнители, выполняя функцию «мусорщиков». Кроме того, сукцессии банальных эпифитов на хвое здоровых и инфицированных растений служат индикаторами их состояния, в том числе на ранних стадиях патогенеза [3, 4].

Цель работы – определение численности эпифитной микробиоты семян пихты корейской (*A. koreana*).

Объекты и методы. Объектом исследования явились семена пихты корейской, растущей в пригороде г. Кирова. Для этого в середине октября 2021 г. были собраны шишки с 13-летнего дерева (рис. 1). Затем их сушили до состояния распада и отделяли семена от чешуй.

Для определения численности микроорганизмов в спермосфере семян пихты корейской использовали метод предельных разведений с последующим посевом на питательную среду ГРМ-агар (для аммонификаторов) и среду Чапека (для грибов) [5].

Культивирование осуществлялось при температуре 25⁰С. Выросшие колонии учитывали на 5-е сутки.

Результаты и их обсуждение. Изучение эпифитной микробиоты семян пихты показало, в первую очередь, их достаточно высокую обсеменённость. Так, общая численность микроорганизмов на поверхности семян составила более 100 тыс. КОЕ/ г (табл. 1).



А



Б

Рисунок 1 – Шишки пихты корейской:
А – до оплодотворения; Б – после оплодотворения

При этом преобладающей группой микроорганизмов являются бактерии и грибы (табл. 1).

Таблица 1 – Численность различных групп микроорганизмов на поверхности семян пихты корейской

Группа микроорганизмов	Численность микроорганизмов (КОЕ·10 ³ /г)
Аммонификаторы	3,4±0,15
Микромицеты	105,0±4,9
Всего	108,4±5,05

При этом доминирующей группой в составе эпифитной микробиоты являются микроскопические грибы, численность которых в структуре микробных популяций превышает 96% (табл. 2). Как правило, при определении численности эпифитной микробиоты семян других растений (хвойных, бобовых, зерновых) с подобным явлением не сталкивались. В основном, для

микроорганизмов спермосферы семян этих растений характерно преобладание гнилостных бактерий, а численность грибов не превышает 10-20% [7, 8].

Таблица 2 – Структура микробных популяций эпифитной микробиоты семян пихты

Группы микроорганизмов	Содержание, %
Бактерии	3,14
Грибы	96,86

Вероятно, «грибной покров» семян *A. koreana* является одной из особенностей данной культуры, не связанной с фитопатогенными микромицетами, так как более 90% численности грибов составляют представители рода *Trichoderma*, которые являются вследствие способности к синтезу антибиотиков активными антагонистами болезнетворных микроорганизмов. Поэтому одним из дальнейших направлений нашей работы является выделение чистой культуры данного гриба (рис. 2).

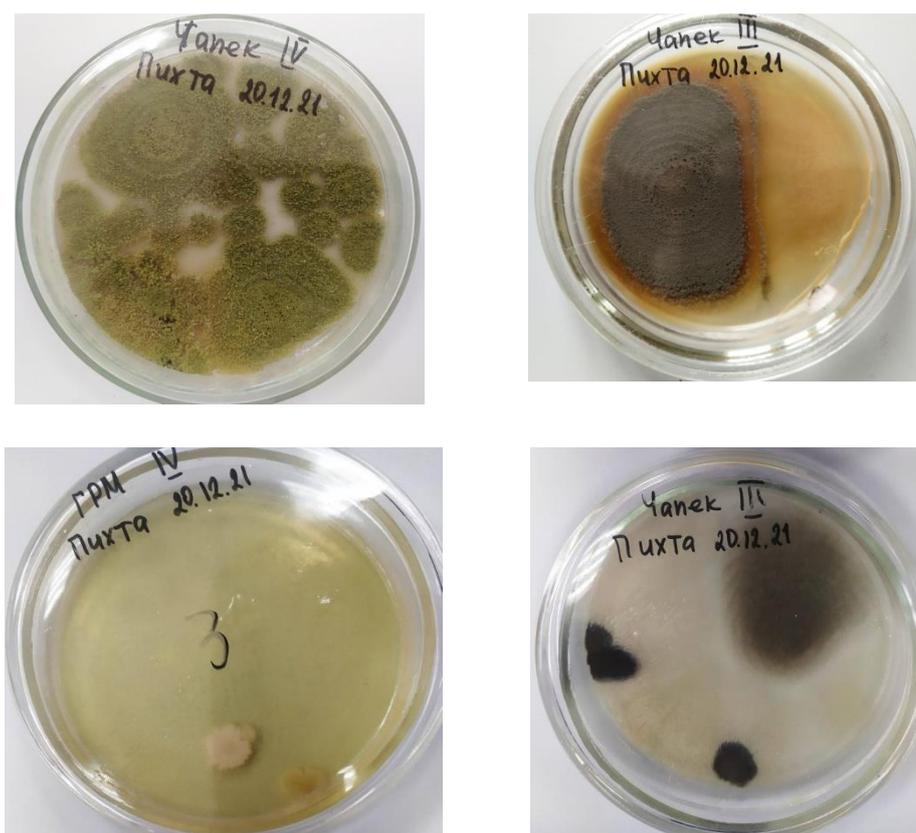


Рисунок 2 – Колонии *Trichoderma* на среде Чапека

Проведённые нами исследования эпифитной микробиоты семян пихты показывают, что обсеменённость семян микроорганизмами, особенно грибами, достаточно высока.

Установлен факт абсолютного доминирования микромицетов в составе эпибионтов семян пихты (более 96%). Подобного явления не наблюдается при определении состава микробиоты семян других растений.

Установлено, что основными эпифитными микромицетами семян пихты являются представители р. *Trichoderma*, обладающие чрезвычайно высокой антагонистической активностью. Поэтому существует возможность успешной интродукции и выращивания пихты корейской в условиях городской среды без протравливания химическими препаратами за счёт активности этого эпифитного гриба. Возможно, что между *Trichoderma* и корнями сеянцев пихты возникает микоризная связь, способствующая лучшему усвоению питательных веществ.

Литература

1. Марковский Ю.Б. Лучшие хвойные растения в дизайне сада. – М.: ЗАО «Фитон+», 2005. – 144 с.
2. Пихта <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4439>
3. Сенашова В.А. Эпифитная микрофлора и заболевания хвои у древесных видов Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2009. – Т. 33 – № 6. – С. 84-88.
4. Сенашова В.А. Влияние биотических факторов на формирование эпифитного сообщества пихты сибирской // Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической Академии. – 2014. – Вып. 207. – С. 171-179.
5. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256с.
6. Гродницкая И. Д. Роль эпифитной микрофлоры в патогенезе сеянцев хвойных в питомниках: Дисс.... канд. биол. наук. – Красноярск, 1996. – 216 с.
7. Подавление микопаразитов ели и грибных заболеваний сельскохозяйственных культур с помощью цианобактерий / Е.М. Панкратова, Л.В. Трефилова, Л.И. Домрачева, А.Н. Третьякова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. междунар. конгресса. – М., 2002. – С. 172-175.
8. Вахрушева Н.Э., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Роль предпосевной бактеризации семян хвойных растений // Современному АПК – эффективные технологии: Матер. Международ. научн.-практич. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. Лесное хозяйство, землеустройство и экология. – С. 44-48.

УДК 579.64
МЕТОДЫ БИОТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО
МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ

Ефремова Е.В., Ковина А.Л., Трефилова Л.В.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
nm-flora@rambler.ru

Аннотация. Для получения посадочного материала туи западной использовали три метода: посев семенами, черенкование и клонирование. Для оптимизации процесса использовали различные регуляторы роста и антисептики для обработки семян, клонов, черенков. Самым эффективным по выходу посадочного материала оказался метод клонирования, самым дешевым, но долгосрочным – посев семян, при черенковании – выход саженцев 60% в течение 3-х лет. Многокомпонентные регуляторы роста увеличили жизнеспособность и приживаемость растений по сравнению с контролем на 60-80%.

Ключевые слова: регуляторы роста, антисептики, цианобактерии, туя западная, клонирование.

Для защиты пахотных почв от процессов деградации, вызванных различными причинами, а также для улучшения микроклимата земель, сохранения и стабилизации лесных экосистем, для озеленения городов, для создания роц и парков в настоящее время необходимо ежегодно тратить огромное количество сил и средств [1, 2].

Сохранить видовое разнообразие лесных культур позволяют особо охраняемые природные территории. Лесопитомники поддерживают лесной фонд и проводят лесовосстановительные работы и мероприятия по восстановлению лесов на вырубаемых площадях. Содержание лесопитомников требует не малых средств из местных бюджетов. Один из путей ускорить и удешевить лесовоспроизводство – получение недорогого, но качественного посадочного материала.

В нашем регионе особое внимание уделяют восстановлению хвойных лесов, поэтому выращивание качественного посадочного материала, который необходимо получать при минимальных денежных затратах и в короткие сроки, остается актуальной задачей [3].

Основные методы получения посадочного материала это посев семенами, черенкование, клонирование и микроклонирование для редких и ценных хвойных растений. Применение технологических схем выращивания посадочного материала, основанных на применении экологически безопасных природных и синтетических регуляторов (стимуляторов) роста в сочетании с агрохимикатами, является одним из перспективных направлений производства саженцев. Это позволяет получить качественный посадочный материал для лесовосстановления с минимальными затратами труда и средств [4]. Преимуществами природных регуляторов (стимуляторов) роста являются их

экологическая безопасность, многофункциональность действия, низкие нормы расхода [5]. При выращивании хвойных растений актуально применение БП, способствующих повышению качества семян и посадочного материала, обеспечивающих устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды и заболеваниям, стимулирующих образование корней, рост побегов, репродуктивных органов и фитомассы [6].

Для повышения стрессоустойчивости и адаптации хвойных растений при пересадке используют циркон, силиплант, Вэрва-ель, люрастим, экстрасол, «Биоплант флора», «Экстрасол». Наряду с биопрепаратами используют и цианобактерии (ЦБ), которые оказывают стимулирующее действие на развитие корневой системы и надземной части тем самым увеличивают адаптационные свойства растений [7]. Доказательства эффективности применения регуляторов роста растений (РРР) в качестве предпосевной обработки семян были получены нами в опытах с семенами сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.), лиственницы европейской (*Larix decidua* Mill.) и пихты корейской (*Abies koreana* Wils.) [8].

Цель работы – оценка эффективности использования регуляторов роста при разных способах размножения туи западной.

Объекты и методы. В работе использовали: семена, черенки и клоны туи западной (*Thuja occidentalis* L.) (рис. 1, 2). Туя западная пользуется большой популярностью среди профессионалов и садоводов любителей. Хорошо адаптировалась в климате Кировской области даже в условиях городской среды.

Заготавливали лесосеменное сырье (шишки, семена, черенки и клоны на территории) г. Кирова. Шишки сортировали, сушили, извлекали семена, очищали от примесей и сортировали.

Для дезинфекции семян, клонов и черенков использовали 2% раствор перманганата калия (KMnO₄).

Для инокуляции семян в качестве РРР использовали ЦБ, циркон, гетероауксин в зависимости от вариантов опыта.

Семена проращивали методом чашечных культур в 4-х кратной повторности из расчета 50 семян на чашку, при естественном освещении на окнах.



Рисунок 1 – Шишки и семена туи западной

Черенки укореняли в кассетах для рассады в смеси песка, почвы и вермикулита в пропорции 1:1:1. Затем помещали их в мини теплички (прозрачные пластиковые контейнеры).

Клоны помещали в пластиковые контейнеры для биопроб в стерильную агаризованную минеральную среду в стерильных условиях ламинарного бокса, затем также как и черенки – в мини теплички (прозрачные пластиковые контейнеры) (рис. 2).



Рисунок 2 – Клоны туи западной в контейнерах с питательной средой

Через 10 суток анализировали всхожесть семян в чашечной культуре. Наибольший ростстимулирующий эффект наблюдали в варианте с обработкой семян *Fischerella muscicola*.

Таблица 1 – Влияние РРР на развитие туи западной

№ п/п	Вариант	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Длина корня, см	Высота проростков, см
1	Контроль	52	36	2,01±0,05	2,10±0,06
2	Циркон	54	38	2,46±0,07	2,05±0,11
3	Гетероауксин	52	37	2,98±0,04	2,08±0,03
4	<i>Fischerella muscicola</i>	58	40	3,09±0,02	3,07±0,08

Затем еще 20 суток измеряли длину корней и высоту проростков (табл. 1). Высота проростков и длина корней в варианте с ЦБ оказалась выше, чем в других вариантах.

Состояние клонов туи также анализировали через 30 суток. Сохранность посадочного материала была на уровне 70-90%. Однако необработанные $KMnO_4$ клоны спровоцировали бурный рост фитопатогенов даже на минеральной среде (рис. 3).



А



Б

Рисунок 3 – Клоны туи западной после 30-ти суточной экспозиции:
А – обработанные $KMnO_4$; Б – без обработки

При микроскопировании мицелия взятого с клонов туи были обнаружены фрагменты микромицетов фитопатогенов: *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.*

Через 30 суток провели анализ черенков в контейнерах с субстратом. Наибольшее количество сохранившихся черенков оказалось в варианте с обработкой их ЦБ (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние РРР на укоренение черенков туи западной

Вариант	Количество выживших растений, %
Контроль	40
Циркон	50
Гетероауксин	56
<i>Fischerella muscicola</i>	67

Определение наиболее эффективных методов размножения туи и способов обработки семян и посадочного материала показало, что предпосевная инокуляция семян гомогенизированной суспензией ЦБ наиболее перспективна. Но семенной путь размножения достаточно продолжителен и не дает идентичного исходному посадочного материала.

Черенкование требует дальнейшего наблюдения за развитием корневой системы и учета приживаемости в открытом грунте.

Сохранность и приживаемость клонов в мини тепличках высокая на уровне – 90%. Это перспективный, но дорогостоящий прием и подходит для размножения редких экзотических экземпляров.

Первые результаты не дают полной картины и не позволяют сделать однозначные выводы и требуют дальнейших наблюдений и анализа данных.

Литература

1. Шабалина А.В., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Эффективность использования почвенных цианобактерий при выращивании посадочного материала хвойных пород // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: Матер. Всерос. науч.-практич. конф. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2017. – С. 128-132.
2. Шабалина А.В., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Применение стимуляторов роста при выращивании посадочного материала туи западной (*Thuja occidentalis* L.) // Научные инновации – аграрному производству: матер. Междунар. науч.-практич. конф. – ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – С. 1094-1098.
3. Зыкова Ю.Н., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Перспективные методы культивирования и хранения почвенных цианобактерий как объектов агробиотехнологии // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий: Матер. Международ. науч.-практич. конф. – Т. 2. – Горский ГАУ, 2018. – С. 175-178.
4. Вахрушева Н.Э., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Роль предпосевной бактериализации семян хвойных растений // Современному АПК – эффективные технологии: матер. Междунар. науч.-практич. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т.3. Лесное хозяйство, землеустройство и экология. – С. 44-48.
5. Черемисинов М.В., Емелев С.А. Влияние регуляторов роста и протравителей семян на площадь листьев ячменя // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы VI Международной научно-

практической конференции (к 125-летию Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого). – 2020. – С. 244-246.

6. Рачеева Н.Э., Трефилова Л.В. Перспективы использования цианобактерий в лесовозобновлении // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 110-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной, 26-30 октября 2020 г. – Киров: Вятская ГСХА, 2020. – С. 96-101

7. Рачеева Н.Э., Трефилова Л.В. Влияние способов обработки саженцев ели обыкновенной (*Picea abies*) на их приживаемость в урбаноземах// Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса: Матер. Национальной науч.-практич. конф. Рязанский ГАУ им. П.А. Костычева. – 2020. – С. 153-157.

8. Ефремова Е.В., Трефилова Л.В. Влияние биорегуляторов на рост и развитие *Larix decidua* // Матер. XIX Международной студенческой научной конференции «Знания молодых – будущее России». – Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2021. – С. 121-127

УДК 631.462.579.26

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ МИКРОРАЙОНА «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ» ГОРОДА КИРОВА

**Забубенина Ю.С.¹, Ефремова Е.В.¹,
Лежнина О.В.¹, Домрачева Л.И.^{1,2}**

¹ ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
*candyman30@mail.ru, svid31@mail.ru,
lezhninka@mail.ru, dli-alga@mail.ru*

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
ecolab2@gmail.com

Аннотация. В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований по изучению микробиологического состава почв разных зон микрорайона «Чистые пруды» г. Кирова. Отмечены максимальные показатели численности микроорганизмов для участков с минимальным антропогенным вмешательством. В почвах всех исследованных зон доминирующей группой являются аммонифицирующие бактерии, доля которых в структуре популяций колеблется от 47 до 62%.

Ключевые слова: г. Киров, урбанозем, почвы, бактерии, микромицеты, численность микроорганизмов.

На современном этапе развития строительной сферы претерпевает серьезные изменения подход к охране окружающей среды. Во многих странах уже существует ряд нормативно-правовых актов, регулирующих возведение объектов. Однако малоразвитый контроль деятельности строительных компаний провоцирует ряд экологических проблем в строительстве. К ним

относятся деформация природного ландшафта, уничтожение природной флоры и фауны, увеличение строительных отходов и бытового мусора. Эти факторы ставят вопрос об использовании экологического подхода в области строительной сферы, необходим поиск путей решения сложившейся ситуации в ближайшее время.

В настоящее время г. Киров стремительно разрастается, появляются новые жилые микрорайоны, прокладываются дороги и коммуникации. Нередко под застройку отдаются земли бывших сельскохозяйственных угодий. При разрушении сложившейся почвенной экосистемы снижается разнообразие ее микробиоты и затрудняется процесс самоочищения, провоцируется рост численности чужеродной микробиоты. Антропогенное вмешательство приводит к изменению структуры микробного сообщества. В городских условиях создается благоприятная среда для увеличения численности патогенных микроорганизмов (бактерий и грибов), которые быстро адаптируются и представляют серьезную эпидемиологическую угрозу для человека [1]. Городские почвы, как правило, загрязняются различными поллютантами органического и минерального происхождения [2, 3]. Это приводит к дополнительному стимулированию развития патогенных и токсикогенных микроорганизмов. Поэтому в показатели биомониторинга состояния урбаноземов включают данные об общей численности микроорганизмов, структуре микробных сообществ, их видовом составе [4, 5].

Цель работы: определить микробиологический статус почв различных зон микрорайона «Чистые пруды» г. Кирова.

Объекты и методы. Впервые проведено исследование почв микрорайона «Чистые пруды». Определяли численность микроорганизмов в почвенных образцах шести зон микрорайона: П1 - сквер во дворе дома (зона отдыха с лиственными и хвойными деревьями), П2 – территория у детского сада № 4, П3 – участок вдоль дороги по ул. Ивана Попова, П4 – территория Храма Рождества Пресвятой Богородицы, П5 – участок около газовой котельной, П6 – берег реки Мостовицы, П7 – участок в поле, не тронутый застройкой. Почву отбирали в соответствии с общепринятой методикой [6]. Количественный учет микроорганизмов проводили методом разбавления с последующим посевом на селективные среды: на агаризованную среду гидролизат рыбной муки (ГРМ-агар) (аммонификаторы), на среду Эшби (азотфиксаторы), на среду Чапека (микробицеты). Посев на все среды проводился в 3-х кратной повторности глубинным методом.

Результаты и обсуждения. Суммарная численность исследуемых групп микроорганизмов в почвенных образцах колебалась от 113,3 до 476,3 КОЕ·10³/г (табл. 1). Максимальные показатели отмечены для участков с минимальным антропогенным вмешательством, а именно берег реки Мостовицы и участок в поле, нетронутый застройкой. Минимальная численность микроорганизмов зафиксирована в почвенном образце с территории детского сада № 4. В почве остальных обследованных зон общее содержание микроорганизмов приблизительно одинаковое.

Таблица 1 – Численность различных групп микроорганизмов в почве микрорайона «Чистые пруды» г. Кирова (КОЕ · 10³/г)

Место отбора образцов	Аммонификаторы (ГРМ-агар)	Азотфиксаторы (среда Эшби)	Грибы (среда Чапека)	Всего
Сквер во дворе дома	103,3±18,9	51,7±7,7	13,3±0,9	168,3±26,8
Территория у детского сада № 4	53,3±20,5	50,0±6,7	10,0±0,8	113,3±28,0
Участок вдоль дороги по ул. Ивана Попова	130,0±14,1	75,7±10,8	53,0±2,2	258,0±27,1
Территория Храма Рождества Пресвятой Богородицы	120,0±21,6	57,7±13,1	33,7±4,8	211,4±38,9
Участок около газовой котельной	93,3±9,4	28,0±0,8	33,7±5,6	155,0±15,8
Берег реки Мостовицы	120,0±14,1	49,3±5,8	30,7±2,5	476,3±22,4
Участок в поле, не тронутый застройкой	313,3±12,5	74,7±2,4	8,0±0,8	396,0±15,7

Доминирующая группа микроорганизмов во всех случаях – это бактерии-аммонификаторы, которые в структуре популяции составляют 47,08 – 61,73%. Второй по значимости группой микроорганизмов являются азотфиксаторы: 18,6-44,1%, при этом в основном они представлены во всех почвенных образцах бактериями рода *Azotobacter*. Численность грибов минимальна: 3,7-21,7%. При этом в четырех почвенных образцах (П3 – участок вдоль дороги по улице Ивана Попова, П4 – территория Храма Рождества Пресвятой Богородицы, П5 – почва около газовой котельной, П6 – берег реки Мостовицы) этот показатель достаточно высокий – 15,93-21,72%. В трех случаях (П1 - сквер во дворе дома, П2 – территория у детского сада №4, П7 – участок в поле, не тронутый застройкой) содержание грибов колеблется в пределах 3,70 – 8,81%, снижение этого показателя происходит за счет активного развития азотфиксаторов (табл. 2).

Таблица 2 – Структура микробных популяций в почве микрорайона «Чистые пруды» г. Кирова (%)

Место отбора образцов	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Грибы
Сквер во дворе дома	61,39	30,69	7,92
Территория у детского сада № 4	47,08	44,11	8,81
Участок вдоль дороги по ул. Ивана Попова	50,26	29,25	20,49
Территория Храма Рождества Пресвятой Богородицы	56,78	27,29	15,93
Участок около газовой котельной	60,22	18,06	21,72
Берег реки Мостовицы	60,00	24,67	15,33
Участок в поле, не тронутый застройкой	61,73	34,57	3,70

Таким образом, микробиологический анализ почвенных образцов, отобранных в микрорайоне «Чистые пруды», показал, что на всех исследуемых участках развиваются основные группы почвенных организмов – бактерии-аммонификаторы, азотфиксаторы и микроскопические грибы. При этом сравнение состава различных групп микроорганизмов указывает на доминирующую роль гнилостных бактерий, что отмечалось и ранее при исследовании микробиологического состава почв города Кирова [7-9].

Как показывают результаты нашего исследования, урбанизация территории микрорайона «Чистые пруды», изъятая из сельскохозяйственного обращения, не привела к катастрофическим изменениям численности и структуры микробного комплекса.

Литература

1. Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под общей редакцией д.т.н. Т.Я. Ашихминой, д.б.н. Л.И. Домрачевой Киров, 2012. – 280 с.
2. Оценка состояния почв г. Кирова методами химического анализа и биодиагностики / С.Г. Скугорева, Л.И. Домрачева, М.А. Бушковская, Л.В. Трефилова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: ВятГУ, 2017. – С. 119-124.
3. Биотестирование с использованием *Hordeum vulgare* L. в оценке состояния урбаноземов г. Кирова / С.Г. Скугорева, М.А. Бушковская, Л.В. Трефилова, Ю.Н. Зыкова // Почвы и их эффективное использование: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки РФ, профессора В.В. Тюлина. – Ч. 2. – Киров: Вятская ГСХА, 2018. – С. 82-87.

4. Оценка состояния почвы с использованием методов биотестирования и биоиндикации / А.И. Фокина, Л.И. Домрачева, Ю.Н. Зыкова [и др.] // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. 12 Всеросс. научно-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. – Киров ВятГУ, 2017. – С. 130-134.
5. Домрачева Л.И., Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В. Микроорганизмы – информативные тест-объекты в оценке состояния природных и трансформированных экосистем // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных экосистем: Матер. 14-й научно-практической конф. с междунар. участием. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга Пресс», 2016. – С. 43-46
6. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
7. Микробные группировки почв в зоне действия ТЭЦ (на примере г. Кирова) / Л.И. Домрачева., К.А. Леонова, А.А. Кузнецова [и др.] // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных экосистем: Матер. 14-й научно-практической конф. с междунар. участием. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга Пресс», 2016. – С. 323-326.
8. Леонова К.А., Кузнецова А.А., Домрачева Л.И. «Осеннее цветение» городских почв // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных экосистем: Матер. 14-й научно-практической конф. с междунар. участием. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга Пресс», 2016. – С. 381-385
9. Вахрушева Н.Э., Люкина А.Л., Домрачева Л.И. Состояние альго-микологического комплекса почв под различной растительностью // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. XIV Всеросс. научно-практ. конф. с междунар. участием: Киров, 2019. – С. 213-216.

УДК 573.6:579.844

РОЛЬ ПЕДОБИОТЫ В УЛУЧШЕНИИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ

Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
nm-flora@rambler.ru

Аннотация. Для предпосевной инокуляции семян бобовых использовали микроорганизмы разной систематической принадлежности в виде мультивидовых микробных ассоциаций. В многолетних опытах на семи видах растений семейства бобовые наглядно показано, что консорциумы на основе цианобактерий, бацилл и актинобактерий повышают эффективность действия предпосевной бактериализации семян ризобиями.

Ключевые слова: бобовые, регуляторы роста, ризобиум, цианобактерии, бациллы и актинобактерии.

Начало нашей научной деятельности по изучению почвенных микроорганизмов связано с именем Евгении Матвеевны Панкратовой. Евгения Матвеевна открыла нам мир педобиоты, играющий немалую роль в

активизации почвенных процессов, в повышении и создании определенного уровня потенциального плодородия почвы, оказывающий положительное влияние на урожайность растений. Многие почвенные микроорганизмы могут стимулировать прорастание семян и рост проростков; обладают фунгицидным и фунгистатическим действием; усиливают рост корневой системы; стабилизируют эффект других бактериальных удобрений. Все наши дальнейшие исследования были направлены на продолжение поисков практического использования агрономически полезных почвенных микроорганизмов.



Рисунок 1 – Е.М. Панкратова с дипломниками кафедры на опытном поле 2003 г.

Благодаря стараниям Евгении Матвеевны коллектив сотрудников кафедры разработал новую технологичную форму и наладил производство биопрепарата под бобовые культуры на основе клубеньковых бактерий. Препарат содержит активные жизнеспособные бактерии из рода *Rhizobium*, титр которых до конца срока годности остается на уровне – $3 \cdot 10^9$ кл./мл. Изготовленный на специальной питательной бобовой среде с добавлением агар-агара препарат, прошел лабораторные, вегетационные и полевые испытания на бобовых культурах. Неоднократно была показана его эффективность не только в первый год вегетации, но и пролонгированное действие на растения в последующий период.



Рисунок 2 – Е.М. Панкратова с сотрудниками кафедры 2016 г.

В настоящее время в системе органического земледелия необходимым условием является применение биорегуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур [1]. В качестве, которых выступают почвенные микроорганизмы и их сообщества с различным сочетанием партнеров. Биоагенты используются как для повышения урожая сельскохозяйственных культур, улучшения его качества [2, 3], индукции холодоустойчивости [4], так и для повышения плодородия почвы [5].

При создании биопрепаратов целесообразно использовать мультивидовые микробные ассоциации. В настоящее время для предпосевной бактериализации семян бобовых, кроме монокультуральной, практикуют также и инокуляцию семян бинарными и тройными консорциумами микроорганизмов. Партнерами ризобиев могут быть микробы, выделяющие много слизи, которая обеспечивает прилипание биопрепарата к семенам и в которой клубеньковые бактерии не только выживают в почве, но и размножаются перед внедрением в корень [6].

Многовидовые ассоциации почвенных бактерий способны к обезвреживанию фитопатогенов и способствуют восстановлению супрессивности почвы [7]. Многие виды почвенных цианобактерий (ЦБ), бацилл и актинобактерий обладают подобными свойствами. Совместимость и жизнеспособность этих микроорганизмов в консорциумах дает возможность составлять бактериальные ассоциации комплексного действия с повышенной устойчивостью к флуктуациям окружающей среды.

Результаты проведенных наблюдений на различных видах бобовых культур показывают, что бактериализация семян активизирует рост и развитие растений. По сравнению с контролем, увеличивается длина корней и высота

проростка, а также количество активных клубеньков в расчете на одно растение (табл).

Таблица 1 – Влияние поликомпонентного бактериального композита для предпосевной инокуляции семян на рост и развитие растений

Вид растения	Состав инокулята	Прибавка по отношению к контролю*, %		
		длина корней	высота проростков	количество клубеньков, в среднем на одно растение
Лядвенец рогатый <i>Lotus corniculatus</i> L.	<i>Rhizobium loti</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	10,12-15,23	6,09-8,02	7,11-10,01
Люцерна посевная <i>Medicago sativa</i> L.	<i>Rhizobium meliloti</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Baccillus subtilites</i> + <i>Streptomyces wedmorensis</i>	12,10-15,40	6,43-11,67	9,55-10,48
Люпин желтый <i>Lupinus luteus</i> L.	<i>Rhizobium lupini</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	10,07-15,88	6,21-8,90	9,01-10,78
Люпин узколистный <i>Lupinus angustifolius</i> L.	<i>Rhizobium lupini</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Baccillus subtilites</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	13,20-14,23	8,72-16,90	7,18-14,01
Люпин белый <i>Lupinus albus</i> L.	<i>Rhizobium lupini</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Baccillus subtilites</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	19,02-19,30	18,01-20,00	17,11-20,61
Вика посевная <i>Vicia sativa</i> L.	<i>Nostoc paludosum</i> + <i>Nostoc linckea</i> + <i>Microchaeta tenera</i> + <i>Rhizobium leguminosarum</i>	20,80-25,10	18,21-18,90	18,04-19,44
Горох посевной <i>Pisum sativum</i> L.	<i>Rhizobium leguminosarum</i> + <i>Fischerella muscicola</i>	13,42-16,83	16,09-17,00	17,33-19,22

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

* контроль – предпосевная обработка семян бактериями р. *Rhizobium*

При анализе состояния растений лядвенца рогатого по морфометрическим параметрам и по количеству и активности клубеньков (рис.) в первый и второй год пользования выявлены преимущества бактеризации

семян тройной ассоциацией, по сравнению с их обработкой только *Rh. loti*. Это отразилось в стимуляции роста как надземной части (до 8%), так и корневой системы (до 15%), а также в более активном развитии клубеньков на корнях (до 10%).



А



Б

Рисунок 3 – Активные клубеньки на корнях:
А – козлятника восточного; Б – лядвенца рогатого.

Четырехкомпонентный инокулят на основе КБ, ЦБ, актинобактерий и бацилл, использованный, для обработки семян люцерны посевной, также стимулировал развитие растений, увеличивая прирост надземной массы и длину корней на 15 и 11%, соответственно. Увеличение количества активных клубеньков было примерно таким же, как и у лядвенца.

Ростстимулирующий и ризогенный эффект зависит от вида и штамма выбранных для инокуляции бактерий. Так, на разных видах люпина, ростактивирующее действие бактериальных ассоциаций проявились в разной степени. Наибольший эффект был отмечен у растений люпина белого, где рост надземной части, корней и количество клубеньков превысили эти же показатели у контрольных растений на 19,3; 20,00 и 20,61% соответственно.

Четырехкомпонентная ассоциация трех видов ЦБ и КБ оказала явное стимулирующее действие, на растения вики посевной максимально увеличив, показали роста побегов, корней и уровень нодуляции до 25,10; 18,90; 19,44% соответственно, по сравнению с контролем. На растения гороха посевного 2-х компонентный композит на основе ЦБ и КБ также оказал стимулирующее действие.

Таким образом, на семи видах растений семейства бобовые наглядно показано, что многовидовые бактериальные ассоциации повышают

эффективность действия предпосевной бактеризации семян ризобиями. Дальнейшая исследовательская работа может быть связана с выделением новых активных видов и штаммов ЦБ, бацилл и актинобактерий с более выраженными стимулирующими свойствами.

Литература

1. Панкратова Е.М., Трефилова Л.В. Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – №1. – С. 4-14.
2. Ковина А.Л. Микробные агроконсорциумы на основе цианобактерий: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Москва, 2001. – 23 с.
3. Трефилова Л.В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии: Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.б.н. – Саратов, 2009. – 25 с.
4. Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Индукция холодоустойчивости растений *Lavatera trimestris* L. с помощью биопрепаратов // Актуальные направления развития аграрной науки в работах молодых учёных: сб. научн. ст. молод. уч., посвящ. 190-летию опытного дела в Сибири, 100-летию с.-х. науки в Омском Прииртышье и 85-летию образования Сибирского НИИ с.х. ФГБНУ «Омский АНЦ».– Омск: ЛИТЕРА, 2018. – С. 11-16.
5. Последствия предпосевной микробной инокуляции семян лядвенца рогатого на численность аборигенной микрофлоры почвы / Д.В. Козылбаева, Л.И. Домрачева, Л.В. Трефилова [и др.] // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: ВятГУ, 2018. – С. 226-230.
6. Designing of microbial binary cultures based on blue-green algae (Cyanobacteria) *Nostoc paludosum* Kütz / Pankratova Je.M., Zyablykh R.J., Kalinin A.A. [et al.] // International Journal on Algae. – 2004. – 6 (3). – P. 290-304.
7. Домрачева Л.И., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Биомониторинговый и биотехнологический аспекты использования почвенных цианобактерий // Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов: матер. Всерос. симпозиума с международным участием МГУ. – М.: Макс Пресс, 2014. – С. 80.

УДК 579
**ФОТОТРОФНЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ТАМБУКАНСКОГО
ОЗЕРА: ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ**

Колотилова Н.Н.
ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова
kolotilovan@mail.ru

Аннотация. На примере «колонки Виноградского», как микрокосма, имитирующего развитие в озере микробных процессов, продемонстрированы и фотографически зафиксированы экологические закономерности: образование пурпурными бактериями «бактериальной пластинки» и ее вертикальные перемещения в течение суток.

Ключевые слова: бактериальная пластинка, вертикальные движения фототрофных бактерий, грязевые озера.

Соленое озеро Тамбукан расположено в 15 км к югу от г. Пятигорск. Первое его описание (под названием Тамби) датируется концом XVIII века [1, с. 28]. Озеро известно своими сульфидными лечебными грязями, которые применяются в бальнеологии и косметологии. Озеро активно эксплуатируется для получения лечебных грязей, а также используется в рекреационных целях.

Не случайно, что именно проблема генезиса сульфидных грязей, а также их регенерации привлекала внимание естествоиспытателей, в частности, микробиологов. Особенно большой вклад в изучение этих проблем в первой трети XX века внес известный микробиолог, основоположник геологической и морской микробиологии в нашей стране, академик Б.Л. Исаченко (1871–1848). Ему принадлежат фундаментальные работы по микробиологии ряда грязевых озер: Тамбуканского озера (1911–1912), крымских озер (Майнакского, Чокрак, Саки – 1912, 1925).

Изучая биологию процесса грязеобразования в озере Тамбукан, Б.Л. Исаченко установил, что ключевое место в нем принадлежит бактериям круговорота серы, причем образование сероводорода происходит в результате двух процессов: гниения, а затем преимущественно сульфатредукции. Были описаны и представители других групп микроорганизмов таких, как целлюлозолитики, фототрофные пурпурные и зеленые серобактерии, а также водоросли (р. *Vaucheria*) и цианобактерии (р. *Lyngbya*), образующие характерные скопления, получившие названия «войлок» и «кожа» и отмечены их экологические особенности. В макрокосмах (колонке Виноградского) было констатировано массовое развитие (в процессе сукцессии) пурпурных серобактерий и цианобактерий, а также образование пурпурными бактериями р. *Chromatium* пленки, расположенной между восстановленной (сероводородный ил) и окисленной (развитие цианобактерий) зонами. В этой пленке, напоминающей «бактериальную пластинку» Егунова, описанную еще в конце XIX в. в лиманной грязи, и представляющей своеобразный фильтр, идут процессы окисления сероводорода.

Летом 2021 г. нами были отобраны пробы прибрежных осадков (ила, грязи, разлагающихся водорослей) и воды озера Тамбукан, а по возвращении в

Москву поставлена так называемая колонка Виноградского, микрокосм, имитирующий природные процессы, идущие в озере. На дно прозрачного сосуда был помещен ил, в который добавлено небольшое количество нарезанной фильтровальной бумаги (для инициации деструкционной ветви круговорота углерода), CaSO_4 (как субстрата для сульфатредукторов), CaCO_3 (для поддержания нейтрального значения pH). Поверх осадка доверху была налита озерная вода, сосуд был закрыт плотной пробкой и поставлен на окно в условия естественного освещения. Наблюдения проводились в течение полугода, наиболее часто в течение первых нескольких дней. В отличие от цилиндра, обычно используемого при постановке колонки Виноградского, в нашем случае был взят сосуд с плоскопараллельными стенками (лабораторный матрас), что делало более удобным наблюдение и фотографирование.

На поверхности ила началось развитие цианобактерий (р. *Lyngbya*), нити которых образовывали хорошо заметный налет на стенках сосуда. Через 2-3 дня после постановки опыта вода в колонке окрасилась в розовый цвет, обусловленный развитием пурпурных бактерий. При этом на светло-розовом фоне была видна более интенсивно окрашенная полоска толщиной около 1 см – «бактериальная пластинка», представленная в данном случае скоплением пурпурных бактерий. Положение ее по высоте водного столба в течение суток менялось, и это явление было документировано с помощью фотографий. В ранние утренние часы (около 5 ч.) пластинка находилась в верхней части сосуда, а в дневные часы, когда концентрация кислорода в воде повышалась за счет фотосинтеза цианобактерий, опускалась, проходя расстояние более 10 см. На третьи сутки после появления бактериальная пластинка в последний раз опустилась на дно, а примерно через сутки исчезла, к этому времени закончилось «цветение» пурпурных бактерий в воде сосуда.

Позднее скопления пурпурных бактерий наблюдались более 6 месяцев в анаэробной зоне в иле. Интересна их локализация на фильтровальной бумаге, что служит иллюстрацией функционирования трофической цепи анаэробного микробного сообщества: разложение целлюлозы гидролитиками с последующим брожением сахаров, восстановлением сульфатредукторами сульфата за счет использования продуктов брожения, и окислением пурпурными бактериями образованного сероводорода.

Таким образом, описанные опыты могут быть использованы для демонстрации ряда экологических закономерностей: формирования фототрофными бактериями «бактериальной пластинки» как окислительного фильтра для идущего снизу сероводорода, взаимоотношения между разными функциональными группами бактерий в анаэробном микробном сообществе (на примере разложения целлюлозы), а также вертикальных перемещений фототрофных бактерий в течение суток.

Литература

1. Исаченко Б.Л. Микробиологические исследования над грязевыми озерами // Исаченко Б.Л. Избранные труды.– Т. 2.– М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951.

Кондакова Л. В.^{1,2}¹ ФГБОУ ВО Вятский ГУ² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
ecolab2@gmail.com

Аннотация. Изучалась почвенная альгоцианофлора природных и испытывающих антропогенную нагрузку пойменных и водораздельных луговых экосистем Кировской области. Наиболее богатая в видовом отношении альгофлора отмечена для почвы пойменного луга заповедника «Нургуш». В почвах пойменного и суходольного лугов Оричевского района, по сравнению с альгофлорой заповедника, выявлено большее число видов ЦБ и меньшее число видов желтозеленых водорослей. При высокой рекреационной нагрузке на пойменном лугу у оз. Холуново видовое разнообразие ЦБ превышает число видов зеленых водорослей.

Ключевые слова: почвенные водоросли и цианобактерии, видовое разнообразие, пойменные и водораздельные луговые экосистемы.

Луга распространены в различных природных зонах и связаны переходами с другими типами биогеоценозов. Наибольшие площади луга занимают в областях с умеренным климатом, в том числе в подзоне южной тайги. Преобладающая часть лугов возникла в результате деятельности человека, естественным путем луга сформировались в поймах рек. Основной фототрофный компонент луговых биоценозов – мезофильные травы [1]. Постоянными обитателями луговых экосистем являются и другие фототрофные организмы – водоросли и цианобактерии (ЦБ). Они принимают активное участие в почвенных процессах, в том числе в создании почвенного органического вещества, обогащении почв азотом (азотфиксирующие ЦБ), участвуют в трофических связях с почвенными гетеротрофными организмами. Видовой состав водорослей и ЦБ является надежным биоиндикационным критерием в экологической оценке почв [2]. В то же время видовое разнообразие – показатель потенциальной возможности сохранения устойчивости экосистемы, способности переносить длительные флуктуации среды. Видовое разнообразие почвенных водорослей включает активную часть альгофлоры и часть, которая составляет водорослевый пул почвы. Разнообразие видового состава альгогруппировок определяется составом и структурой травяного покрова. Он формирует микроэдафические и микроклиматические условия для развития почвенных водорослей и ЦБ. Важное значение имеет степень проективного покрытия растений. На видовой состав и структуру сообществ водорослей и ЦБ большое влияние оказывает хозяйственная деятельность человека.

Альгофлора луговых экосистем региона отражена в ряде работ [2-5]. Видовой состав водорослей и ЦБ зависит от типа почвы, от растительности и

является одним из диагностических признаков ее состояния. Для луговых экосистем развитие альгофлоры характеризуется присутствием всех основных групп водорослей, наличием азотфиксирующих ЦБ, мелких диатомей и возможной значительной их биомассой [2].

Микрофототрофы луговых экосистем, как и высшая растительность, находятся под влиянием различных факторов: космических, атмосферных, гидрологических, биогенных, антропогенных.

Объектами исследований являлись почвы пойменных и суходольных экосистем на территории Кировской области: заповедника «Нургуш» (Котельничский район), в окрестностях пгт. Мирный (Оричевский район) и пос. Сидоровка (Нововятский район г. Кирова).

Целью исследования являлся сравнительный анализ альгофлоры луговых экосистем с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Отбор проб проводился в летне-осенние периоды 2016–2020 гг. с глубины 0–5 см, средняя проба составлялась из пяти индивидуальных проб объемом 125 см³. Видовой состав изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и прямым микроскопированием почвы [6]. Почва пойменных лугов – аллювиальная дерновая, суходольных – дерново-подзолистая.

Результаты исследований.

Водоросли и ЦБ являются частью фототрофного компонента луговых биоценозов.

В почвах луговых экосистем заповедника «Нургуш» выявлено 83 вида водорослей и ЦБ, в почве пойменных лугов – 70 видов, суходольных – 55 (табл. 1). Основное видовое разнообразие представлено зелеными водорослями (33 вида) и ЦБ (22 вида). Фитоценотическую структуру альгогруппировок определяют доминирующие виды. Доминантами сообществ пойменного луга являлись: *Nostoc punctiforme*, *Phormidium autumnale*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Botrydiopsis eriensis*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *Pleurochloris commutata*, *Eustigmatos magnus*, *Hantzschia amphioxys*. В альгофлоре пойменного луга отмечено низкое видовое разнообразие азотфиксирующих видов ЦБ, характерных для пойменных почв. Это может быть связано с загрязнением пойменных почв во время разлива р. Вятки. Доминирующими видами суходольного луга являлись: *N. linckia*, *Ph. autumnale*, *Ph. formosum*, *Eustigmatos magnus*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *Chlorococcum infusionum*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Klebsormidium flaccidum*. В альгофлоре суходольного луга по сравнению с пойменным лугом отмечено более высокое разнообразие ЦБ (30,9%), несколько ниже – охрофитовых водорослей. Азотфиксирующие ЦБ представлены видами: *Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola*, *N. punctiforme*, *N. paludosum*, *N. linckia*, *Tolyphotrix tenue*.

Таблица 1 – Число видов водорослей и цианобактерий луговых экосистем (1 – число видов; 2 – процент)

Таксономические группы	ГПЗ Нургуш				Оричевский р-он				Нововятский р-он г. Кирова			
	П		С		П		С		П		С	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Суанобacteria	13	18,6	17	30,9	20	34,4	24	35,0	19	38,0	19	33,9
Chlorophyta	32	45,7	24	43,6	23	35,9	26	38,0	17	34,0	21	37,9
Ochrophyta	19	27,1	10	18,2	11	17,2	13	17,0	5	10,0	10	17,7
Vacillariophyta	6	8,6	4	7,3	8	12,5	6	8,0	8	16,0	6	10,5
Другие группы	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,0	0	0
Всего видов	70	100	55	100	62	100	69	100	50	100	56	100

Примечание: П – пойменный луг, С – суходольный луг

Видовой состав альгофлоры лугов в Оричевском районе представлен 81 видом микротофотрофов. По видовому разнообразию, как и на территории заповедника, преобладают зеленые водоросли (27 видов) и ЦБ (22 вида). Chlorophyta: *Bracteacoccus minor*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Chl. gelatinosa*, *Chl. globosa*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Gongrosira debaryana*, *Klebsormidium flaccidum*, *Kl. nitens*, *Macrochloris dissecta*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Scotiellopsis levicostata*, *Tetracystis aggregate* и др. ЦБ: *Leptolyngbya angustissima*, *L. foveolarum*, *L. frigida*, *Microcoleus vaginatus*, *Ph. autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. uncinatum*, *Ph. formosum*, *Anabaena sphaerica*, *Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola* и др. Из охрофитовых водорослей отмечены: *Botrydiopsis eriensis*, *Pleurochloris commutata*, *Eustigmatos magnus*, *Vischeria helvetica*, *Xanthonema bristolianum*, *X. exile*, *Tribonema minus* и др. Альгофлора диатомовых водорослей пойменных и водораздельных лугов близка к альгофлоре заповедной территории (*Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Luticola mutica*, *Navicula pelliculosa*, *Pinnularia borealis*, *Pinnularia* sp., *Stauroneis anceps*). По сравнению с альгофлорой заповедника на лугах Оричевского района выявлено большее число видов ЦБ. Возможно, техногенная нагрузка положительно отразилась на реализации видового потенциала ЦБ. Отмеченное число видов желтозеленых водорослей (16 видов) ниже, чем в луговых почвах заповедника (22 вида).

Луговые экосистемы в районе пойменного оз. Холуново (Нововятский район г. Кирова) являются местом активного отдыха горожан, поэтому пойменный луг на берегу озера испытывает большую антропогенную нагрузку. В луговых экосистемах данного района выявлено 70 видов водорослей и ЦБ, в том числе, альгофлора пойменного луга представлена 50 видами водорослей и ЦБ, суходольного луга – 56. По видовому разнообразию преобладают ЦБ (24 вида) и Chlorophyta (27 видов). ЦБ в основном представлены безгетероцистными видами: *Leptolyngbya angustissima*, *L. foveolarum*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. uncinatum*, *Ph. formosum*, *Ph.*

henningsii, *Microcoleus vaginatus*, *Oscillatoria amoena* и др. Из гетероцистных ЦБ отмечены: *Anabaena sphaerica*, *A. cylindrica*, *Nostoc muscorum*, *Tolyphotrix tenue*. Преобладающими видами зеленых водорослей являлись: *Actinochloris sphaerica*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum*, *Stichococcus minor*, *Cosmarium anceps*, *C. subcrenatum*, *Cylindrocystis crassa*. Из диатомовых водорослей встречены характерные для луговых экосистем виды: *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Luticola mutica*, *Navicula pelliculosa*, *Pinnularia intermedia*. Особенностью видового состава альгофлоры фитоценозов данного района является присутствие в ее составе видов, не отмеченных в других местообитаниях: *Fischerella muscicola*, *Scytonema ocellatum*, *Symploca muscorum*.

Таблица 2 – Коэффициенты Жаккара альгофлор луговых экосистем (%)

Объект	«Нургуш»		Оричевский район		Нововятский район г. Кирова	
	П	С	П	С	П	С
Тип луга						
«Нургуш», П						
«Нургуш», С	56					
Оричевский р-он, П	48	51				
Оричевский р-он, С	49	53	55			
Нововятский р-он г. Кирова П	30	38	34	38		
Нововятский р-он г. Кирова С	46	52	38	47	47	

Примечание: П– пойменный луг, С – суходольный луг

Для сравниваемых лугов характерно умеренное сходство видового состава альгофлоры (табл. 2). Следует отметить, что сравниваемые луга расположены в центральной зоне южной тайги в бассейне р. Вятки и удалены друг от друга незначительно, что предполагает исходную близость видового состава микрофототрофов. Сравнение пойменных и суходольных лугов в одном районе показывает более высокое сходство: пойменный и суходольный луга в заповеднике «Нургуш» – 56%, в Оричевском районе – 55%, несколько ниже – в Нововятском районе г. Кирова – 47%.

Для характеристики степени различия флористического состава альгофлоры в изучаемых объектах приведен коэффициент дифференциальности. Высокие значения коэффициента дифференциальности показывают существенные различия альгофлоры сравниваемых объектов. Наибольшее различие альгофлор отмечено для пойменного луга заповедника и пойменного луга в районе оз. Холуново (табл. 3).

Таблица 3 – Коэффициенты дифференциальности луговых экосистем

Объект	«Нургуш»		Оричевский район		Нововятский район г.Кирова	
	П	С	П	С	П	С
«Нургуш» П						
«Нургуш» С	44					
Оричевский р-он П	52	49				
Оричевский р-он С	51	47	45			
Нововятский р-он г. Кирова П	70	62	66	62		
Нововятский р-он г. Кирова С	54	48	62	53	53	

Примечание: П – пойменный луг, С – суходольный луг

В спектре жизненных форм пойменного и суходольного лугов заповедной территории на первое место выходят виды X- формы, т.е. теневыносливые, требовательные к влажности виды. Нитчатые ЦБ (Р - форма) в почвах пойменного и суходольного лугов заповедника занимают второе – третье места. Спектр жизненных форм водорослей и ЦБ луговых экосистем Оричевского района отличается от фоновой территории. На первое место выходят представители С-формы, включающие азотфиксирующие виды ЦБ, представленные большим числом видов. Альгофлора лугов, формирующаяся под влиянием рекреационной нагрузки, отличается от фоновой территории (табл. 4).

Таблица 4 – Формулы экобиоморф луговых экосистем

Объект, тип луга	Формула экобиоморф
«Нургуш» Пойменный	$X_{20} Ch_{13} P_{11} C_{11(CF 2)} H_8 B_6 hydr_1$
«Нургуш» Суходольный	$X_{15} P_{11} C_{10(CF 4)} Ch_8 H_6 B_4 hydr_1$
Оричевский р-он Пойменный	$C_{15(CF 9)} P_{12} Ch_{10} H_8 B_8 X_6 hydr_2 M_1$
Оричевский р-он Суходольный	$C_{16(CF 9)} P_{13} X_{12} Ch_{12} H_8 B_6 X_6 hydr_1 M_1$
Нововятский р-он г.Кирова Пойменный	$P_{11} C_{8(CF 6)} B_8 Ch_7 H_6 X_6 hydr_3 M_1$
Нововятский р-он г.Кирова Суходольный	$X_{12} P_{11} Ch_{10} C_{9(CF 6)} B_6 H_6 hydr$

Таким образом, наиболее разнообразная в видовом отношении альгофлора отмечена в почвах пойменного луга заповедника, здесь же отмечен более высокий процент желтозеленых водорослей – индикаторов чистых почв. В составе жизненных форм альгофлоры лугов заповедника преобладают теневыносливые виды. Альгофлора лугов, испытывающих антропогенную нагрузку, отражает характер воздействия. По сравнению с альгофлорой заповедника в почвах пойменного и суходольного лугов Оричевского района выявлено большее число видов ЦБ и меньшее желтозеленых. При высокой

рекреационной нагрузке (пойменный луг у оз. Холуново) уменьшается видовое разнообразие альгофлоры, изменяется состав жизненных форм.

Литература

1. Работнов Т.А. Луговедение: Учебник – 2-е изд. – М., Изд-во МГУ. 1984. – 320 С.
2. Штина Э. А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75. – № 4. – С. 441–453.
3. Штина Э. А. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. – Сер. 2. – 1959, вып. 12. – С. 36-141.
4. Носкова Т.С. Сообщества водорослей некоторых почв Кировской области: Дис....канд. биол. наук. – Киров, 1968. – 286 с.
5. Кондакова Л.В., Домрачева Л.И. Флора Вятского края. Часть 2. Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов). – Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. – 192 с.
6. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 143 с.

УДК 581.526.325.2

ВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ ЭВТРОФИРОВАННОГО ВОДОЕМА

Кутявина Т.И.¹, Кондакова Л.В.^{1, 2}, Ашихмина Т.Я.^{1, 2}

¹ ФГБОУ ВО Вятский ГУ
kutyavinati@gmail.com

² ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
ecolab2@gmail.com

Аннотация. Изучены органолептические свойства воды и содержание органических веществ в воде эвтрофного водохранилища. Массовое развитие фитопланктона, преимущественно цианобактерий, отмечено на центральном участке водохранилища. Для этого участка характерны высокая мутность и цветность воды. Значения химического потребления кислорода (ХПК) и перманганатной окисляемости на центральном участке водохранилища в 1,1-1,5 раза выше, чем на участках, где массовое развитие фитопланктона не отмечено.

Ключевые слова: эвтрофирование, водоем, *Aphanizomenon* sp., органические вещества в воде.

Цианобактерии (ЦБ) – это практически повсеместно распространенные организмы. Они могут находиться во всех экосистемах от наземных до водных сред обитания, в том числе и в экстремальных условиях, таких как горячие источники, гиперсоленые среды и ледники [1]. В связи с глобальным изменением климата и увеличивающимся антропогенным воздействием в пресных водоемах нарастает массовое развитие ЦБ. В результате этого феномена происходит снижение качества воды, нежелательная трансформация

трофических связей и общая деградация водных экосистем. Массовое развитие ЦБ приводит к изменению физико-химических параметров и состояния водной среды [2].

Целью нашей работы была оценка качества воды в Омутнинском водохранилище, для которого довольно часто в летние месяцы характерно интенсивное «цветение» воды.

Согласно ранее проведенным исследованиям, Омутнинское водохранилище по трофо-сапробным показателям относится к β -мезосапробным водоёмам, а по индексу трофического состояния является эвтрофным [3].

Видовой состав водорослей и ЦБ определяли методом прямого микроскопирования. Физико-химический анализ проб воды проводили по аттестованным методикам измерения в аккредитованной лаборатории Вятского государственного университета. В ходе выполнения работ определяли общие и суммарные показатели качества природных поверхностных вод: органолептические показатели (цветность и мутность), содержание в воде органических веществ по показателям ХПК и перманганатной окисляемости, содержание биогенных элементов (по содержанию ионов аммония, нитрит-, нитрат- и фосфат-ионов).

Вспышки «цветения» на акватории Омутнинского водохранилища отмечали несколько раз за период с мая по сентябрь 2021 г. Наиболее интенсивное развитие фитопланктона наблюдали 14.07.2021 на участке вблизи центральной части водохранилища. Согласно проведенному альгологическому анализу, в пробах воды, отобранных на этом участке, преобладала ЦБ *Aphanizomenon* sp.

Фитопланктон, в том числе ЦБ, является основным продуцентом органических веществ в водоеме. При его массовом развитии, как правило, наблюдается рост концентраций органических веществ в воде и донных отложениях, изменяются органолептические свойства воды (запах, цветность, мутность). Массовое развитие фитопланктона на центральном участке Омутнинского водохранилища оказало влияние на органолептические и физико-химические показатели качества воды (табл. 1).

Согласно проведенному анализу (табл. 1), вода в центральной части Омутнинского водохранилища отличалась более высокими значениями цветности и мутности по сравнению с верховьем и приплотинным участком водоема. Известно, что цветность воды характеризует содержание окрашенных гуминовых соединений [4]. Причинами повышенной мутности воды могут быть: присутствие тонкодисперсных неорганических взвесей и соединений, наличие органических примесей или живых организмов, а также коллоиды, которые образуются при окислении соединений железа и марганца [5].

Таблица 1 – Результаты органолептического и физико-химического анализа воды Омутнинского водохранилища в июле 2021 года

Показатель, ед. измерения	Участок водохранилища		
	верховье	центральный	приплотинный
Цветность воды, градусы	87±60	102±6,00	89±6,00
Мутность, единицы мутности по формазину	5,0±1,00	7,9±1,60	5,1±1,00
ХПК, мгО/дм ³	18±5,00	23±7,00	15±4,00
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	10,3±1,00	11,2±1,10	8,1±0,80
Ион аммония, мг/дм ³	0,26±0,09	0,39±0,14	0,26±0,09
Нитрит-ион, мг/дм ³	< 0,02	0,171±0,034	< 0,02
Нитрат-ион, мг/дм ³	1,08±0,19	< 0,100	1,16±0,21
Фосфат-ион, мг/дм ³	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Содержание органических веществ в воде можно оценить по показателям ХПК и перманганатная окисляемость. На участке, где было зафиксировано интенсивное развитие фитопланктона, в том числе ЦБ, величина ХПК и перманганатной окисляемости была в 1,1-1,5 раз выше, чем на остальной акватории водохранилища.

Содержание аммонийного и нитритного азота также было выше на центральном участке Омутнинского водохранилища по сравнению с верховьем и приплотинным участком. Вероятно, именно аммонийный и нитритный азот оказали стимулирующее влияние на развитие фитопланктона в центральной части водоема. Содержание азота нитратов, напротив, в центральной части водохранилища было низким. Это может быть связано с развитием на данном участке водоема процессов денитрификации, протекающих при дефиците кислорода и наличии безазотистых органических веществ [6]. Низкое содержание фосфат-ионов в воде на всех участках водохранилища (табл. 1), вероятно, является лимитирующим фактором, ограничивающим более интенсивное развитие фитопланктона.

Таким образом, было оценено качество воды на трёх участках Омутнинского водохранилища по органолептическим и физико-химическим показателям. Наиболее интенсивное развитие водорослей и ЦБ отмечено в центральной части водохранилища. На этой акватории зафиксировано повышенное содержание органических веществ, о чем свидетельствуют значения показателей цветности, ХПК и перманганатной окисляемости. Вероятной причиной массового развития фитопланктона на центральном участке водоема является повышенное содержание аммонийного и нитритного азота. Дальнейшее увеличение содержания органических веществ в водохранилище может привести к ухудшению органолептических свойств воды, более высокому расходу кислорода на окисление органических веществ и, как следствие, к заморным явлениям.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных – кандидатов наук (МК-5830.2021.1.5).

Литература

1. Воякина Е.Ю., Русских Я.В., Чернова Е.Н., Жаковская З.А. Распространение цианобактерий и их метаболитов в озерах Северо-Запада Российской Федерации // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: Матер. докладов II Международной научной школы-конференции. – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. – С. 17-21.
2. Корнева Л.Г. Состав и экология цианобактерий в водохранилищах Волго-Донского бассейна // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: Материалы докладов II Международной научной школы-конференции. – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. – С. 32-36.
3. Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я. Определение трофического статуса водоёма и пространственного распределения водной растительности по интегральным показателям // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 1. – С. 42-46. doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-042-046.
4. Даценко Ю.С. Природные особенности формирования содержания органического вещества в основных притоках Иваньковского водохранилища // Экологическая химия. – 2020. – № 29 (3). – С. 117-121.
5. Использование данных сенсора Landsat 8 (OLI) для оценки показателей мутности, цветности и содержания хлорофилла в воде Иваньковского водохранилища / О.А. Тихомиров, А.В. Бочаров, А.Б. Комиссаров [и др.] // Вестник ТвГУ. Серия «Химия». – 2016. – № 2. – С. 230-244.
6. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 390 с.

УДК 573.6:579.844

ОСОБЕННОСТИ ЭПИФИТНОЙ МИКРОБИОТЫ СЕМЯН ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (*LOTUS CORNICULATUS*)

**Лежнина О.В.¹, Забубенина Ю.С.¹, Ефремова Е.В.¹,
Трефилова Л.В.¹, Домрачева Л.И.^{1,2}**

¹ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ

lezhninka@mail.ru, ecolab2@gmail.com

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

dli-alga@mail.ru

Аннотация. Впервые проведено определение численности эпифитной микробиоты семян лядвенца рогатого после уборки урожая. Полученные результаты показали, что обсеменённость семян *Lotus corniculatus* микроорганизмами высокая, возрастающая после скарификации свыше чем на 300 тыс. КОЕ/ г.

Ключевые слова: эпифитная микробиота, *Lotus corniculatus*.

Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) – многолетнее травянистое растение, семейства Leguminosae. Имеет стержневой корень и стебли высотой 10-60 см. Листья из 5 листочков; два нижних приближены к основе черешка и являются прилистниками, остальные – обратнойцевидные или продолговато-обратнойцевидные. Цветки желтые; венчик мотыльковый, с оранжевым флагом. Плод – линейный, цилиндрический боб. Цветение: июнь-октябрь, плодообразование – июль-октябрь. Масса 1000 семян – 1,2-1,4 г. Лядвенец хорошо отрастает весной, продолжительность созревания семян – 80-130 дней. Насекомоопыляемый перекрестник [1].

Семена лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) прорастают при температуре 6-8°C. Хорошо укоренившиеся растения при соответствующем снежном покрове успешно переносят зимние морозы. Хорошо переносит высокие температуры (до 30°C) летом.

Лядвенец рогатый не требователен к предшественникам. Лядвенец рогатый по засухоустойчивости превосходит клевер луговой, но лучшего развития достигает при достаточном увлажнении. Он характеризуется достаточно высокой теневыносливостью.

К почвам эта культура малотребовательна, хорошо растет на песчаных, суглинистых, солонцеватых, хорошо переносит кислотность почвы; может возделываться на почвах с низким плодородием.

Лядвенец рогатый способствует восстановлению плодородия и структуры почвы, очищает поля от сорных растений, вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур; способен давать как самый ранний, так и самый поздний корм; может использоваться долгое время в хозяйствах; тип травостоя – конвейерный; может использоваться для приготовления различных видов кормов: сенажа, сена, травяной муки, силоса или для выпаса скота; является отличным медоносом; в пахотном горизонте за счет фиксации бактериями накапливается азот; обеспечивает получение большого количества массы кормов, которые характеризуются высокой питательностью при хорошей переваримости и поедаемости. В Кировской области получил широкое применение в аграрном производстве [2-4].

Цель работы – определение численности эпифитной микробиоты нескарифицированных и скарифицированных семян лядвенца рогатого после уборки урожая.

Объекты и методы. Объектом исследования явились семена лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) сорта Солнышко, отобранные с посевов на полях ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в селе Красное в пригороде г. Кирова в середине сентября 2021 г. Для этого после уборки урожая семена извлекали из плодовой оболочки (шелушили). Затем одну часть просушенных семян скарифицировали наждачной бумагой, а вторую часть семян оставили нетронутой.

Для определения численности микроорганизмов в спермосфере семян лядвенца рогатого использовали метод предельных разведений с последующим

посевом на питательную среду ГРМ-агар (для аммонификаторов) и среду Чапека (для грибов) [5].

Культивирование осуществлялось при температуре 25°C. Выросшие колонии учитывались на 5 сутки.

Результаты и их обсуждение. Определение общей численности микроорганизмов на поверхности свежесобраных нескарифицированных семян показало, что этот показатель сравнительно невелик и достигает 28 тыс. КОЕ/ г (табл. 1). В то же время механические повреждения оболочки семян (скарификация) приводит к резкой вспышке численности микроорганизмов в спермосфере – почти в 12 раз (до 335 тыс. КОЕ/ г).

Так же выявлено преобладание в несколько раз обсеменённости аммонификаторами над грибами.

Таблица 1 – Численность различных групп микроорганизмов на поверхности нескарифицированных и скариффицированных семян лядвенца рогатого, КОЕ/г·10³

Группа микроорганизмов	Численность микроорганизмов на нескарифицированных семенах	Численность микроорганизмов на скариффицированных семенах
Аммонификаторы	20,0±0,05	333,0±0,15
Микромицеты	8,067±0,15	2,0±0,10
Всего	28,1±0,15	335,0±5,05

При этом в обоих случаях доминирующей группой в составе эпифитной микробиоты являются бактерии-аммонификаторы, численность которых в структуре микробной популяции у нескарифицированных семян превышает 71%, а у скариффицированных – 99% (табл. 2).

Таблица 2 – Структура микробных популяций эпифитной микробиоты на поверхности скариффицированных и нескарифицированных семян лядвенца рогатого, %

Группы микроорганизмов	Семена	
	Нескарифицированные	Скариффицированные
Бактерии	71,29	99,40
Грибы	28,71	0,60

Сравнение полученных результатов по эпифитной микробиоте свежесобраных семян лядвенца с результатами определения численности этих же групп микроорганизмов на семенах лядвенца после многомесячного хранения показывает, что в процессе хранения происходит существенный рост микробного «покрова» семян (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние скарификации на численность эпифитной микробиоты (тыс. КОЕ/г) длительно хранившихся семян лядвенца рогатого

Вариант	Бактерии	Грибы
Контроль (без обработки)	4130±450	64±4,3
Скарификация	11170±250	703±85

Проведённый нами микробиологический анализ показал, что численность бактерий и грибов в спермосфере семян лядвенца в очень сильной степени зависит от способа их предпосевной обработки (табл. 1). Так, если в 1 г семян без обработки численность бактерий превышает 4 млн. КОЕ/г, а грибов содержится свыше 60 тыс. КОЕ/г, то механическая скарификация (наждачной бумагой) приводит к росту численности обеих групп микроорганизмов: в 2,7 раза бактерий и почти в 11 раз – микромицетов. Скорей всего, это связано с увеличением контактирующей с микробами поверхности семян вследствие появления царапин на семенной кожуре, которые мгновенно способны заполняться микрофлорой из окружающей среды и потом легко переходить в смывы водой при микробиологическом посеве [6].

Таким образом, результаты наших исследований показали, что первоначальная зараженность семян лядвенца непосредственно после уборки не велика. Однако этот показатель возрастает в несколько раз в процессе скарификации, что свидетельствует о заносе микроорганизмов вероятно из воздуха. В процессе хранения семян происходит увеличение численности микробиоты на несколько порядков (от 28 тыс КОЕ/г до 4, 2 млн КОЕ/г). При этом механическая скарификация также увеличивает численность и бактерий и грибов на поверхности семян. Сравнение структуры микробных популяций в спермосфере семян лядвенца свидетельствует о ярко выраженном доминировании бактериальной составляющей 71,3 и 99,4% соответственно у свежих нескарифицированных и скарифицированных семян. У длительно хранившихся семян содержание бактерий составляет 98,5% у нескарифицированных и 94,1% у скарифицированных.

Литература

1. Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы: Коллективная монография /А.З. Анохина, Н.Ф. Баранов, В.Н. Батманов [и др.] – Киров: Вятская ГСХА, 2020. – Том Часть 1. – 414 с.
2. Оптимизация микробиологического состава биопрепарата при выращивании лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) / Л.И. Домрачева, Д.В. Козылбаева, А.Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 1. – С. 94-101.
3. Последствия предпосевной микробной инокуляции семян лядвенца рогатого на численность аборигенной микрофлоры почвы / Д. В. Козылбаева,

Л. И. Домрачева, Л.В. Трефилова [и др.] // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров ВятГУ, 2018. – С. 226-230.

4. Использование трёхкомпонентной бактериальной ассоциации при выращивании лядвенца рогатого / А.Л. Ковина, Л.И. Домрачева, Л.В. Трефилова, Е.В. Товстик // Сб. тез. международной научной конф. PLAMIC2018 «Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего». / отв. ред. И.А. Тихонович. – Уфа 2018. – С. 168.

5. Влияние предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) на численность эпифитной микрофлоры семян урожая первого года / О.Н. Малыгина, Л.И. Домрачева, Л.В. Трефилова, Е.В. Товстик // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 2. – Киров: ВятГУ, 2018. – С. 19-23.

6. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков / Л.И. Домрачева, Л.В. Трефилова, А.Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2014. – № 3. – С. 67-72.

УДК 633.521

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА СОРТА БЕЛОЧКА

Лыбенко Е.С., Леконцева Т.А., Стаценко Е.С.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
setenow2010@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен опыт применения биологических препаратов для повышения урожайности семян и соломы льна-долгунца. Исследования проведены на территории Агротехнопарка ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ. В опыте изучен способ применения комплекса микробиологических биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» и Псевдобактерин – 2, Ж в рекомендованных дозировках. Доказано, что при возделывании льна-долгунца на семенные цели лучшим способом применения этих препаратов является двукратная обработка вегетирующих растений (в фазу «елочка» и в фазу цветения), а при возделывании льна-долгунца с целью получения волокна или двустороннего применения – использование комплекса биопрепаратов возможно двумя способами (предпосевная обработка семян или обработка вегетирующих растений в фазу «елочка»).

Ключевые слова: лен-долгунец, биопрепараты, влияние, урожайность, семена, солома.

Биопрепараты в современном сельском хозяйстве начинают занимать всё более широкие позиции, особенно в связи с выращиванием экологически

чистой (органической) продукции [1, 2]. Особое внимание привлекают микробиопрепараты полифункционального действия. Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма. Биопрепараты являются стимулятором корнеобразования (развитие мощной корневой системы) и роста растений, повышают устойчивость растений к болезням путем подавления фитопатогенной микрофлоры, улучшает качество урожая за счет увеличения в них витаминов, белка и незаменимых аминокислот. Инокулянты стимулируют увеличение биомассы растений по фазам вегетации, при этом характер их действия определяется видом используемого препарата, а также штаммом микроорганизмов и сортовыми особенностями растений [3, 4].

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты в жидкой форме. В опыте проведено изучение влияния биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» и Псевдобактерин-2, Ж на лен-долгунец.

Гумат+7 «Здоровый урожай» – жидкое комплексное удобрение на основе иркутских высокоокисленных бурых углей с набором макро- и микроэлементов. Гуматы способствуют быстрому размножению микроорганизмов в почве: чем их больше, тем все процессы в почве проходят быстрее (разложение органических веществ, усвоение минеральных солей). Применяется для обработки семян и вегетирующих растений, увеличения их продуктивности.

Псевдобактерин-2, Ж – бактериальный препарат на основе бактерии *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393. Это эффективное биологическое средство защиты растений от грибных и бактериальных заболеваний, обладает ростостимулирующими свойствами, способствует развитию мощной корневой системы, повышает устойчивость к полеганию и в конечном итоге обеспечивает увеличение урожая [5].

Объектом исследования выбран среднеспелый сорт льна-долгунца Белочка (селекции Вятского ГАТУ). Белая окраска лепестков венчика позволяет эффективно проводить полевую сортовую прочистку от примесей [6-9].

Цель исследования – изучить влияние комплекса микробиологических биопрепаратов (КМБ) в жидкой препаративной форме на урожайность семян и соломы льна-долгунца.

Исследования проведены на территории Агротехнопарка Вятского ГАТУ. Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почв следующая: содержание гумуса – низкое (2,1 %), подвижного фосфора – среднее (104,8 мг/кг почвы), обменного калия – среднее (129,6 мг/кг почвы), реакция почвенного раствора слабокислая (рН – 5,3).

Закладка опыта и дальнейшие исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками. Площадь учетной делянки 5 м², повторность 4-кратная, расположение рендомизированное.

Изучали следующие варианты обработки:

1. Без обработки (контроль).

2. Обработка семян в день посева комплексом биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» 0,3 л/т + Псевдобактерин – 2, Ж 1 л/т.

3. Однократная обработка вегетирующих растений в фазу «елочка» комплексом биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» 1 л/га + Псевдобактерин – 2, Ж 1 л/га.

4. Обработка семян в день посева комплексом биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» 0,3 л/т + Псевдобактерин – 2, Ж 1 л/т, а также однократная обработка вегетирующих растений в фазу «елочка» комплексом биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» 1 л/га + Псевдобактерин – 2, Ж 1 л/га.

5. Двукратная обработка вегетирующих растений: в фазу «елочка» и в фазу цветения комплексом биопрепаратов Гумат+7 «Здоровый урожай» 1 л/га + Псевдобактерин – 2, Ж 1 л/га.

Результаты по семенной продуктивности представлены в таблице 1.

Урожайность семян льна-долгунца без обработки биопрепаратами составила 109 г/м². Достоверное превышение урожайности семян отмечено при обработке биопрепаратами вегетирующих растений. Наибольшая урожайность отмечена при двукратной обработке вегетирующих растений в фазу «елочка» и в фазу цветения – 125 г/м². Более высокая урожайность семян получена за счет увеличения числа коробочек на одном растении и числа семян в коробочке, а также более высокой массы 1000 семян.

Таблица 1 – Влияние обработки льна-долгунца КМБ на урожайность семян и элементы структуры семенной продуктивности

Вариант	Урожайность, г/м ²	Число коробочек на одно растение, шт.	Число семян в коробочке, шт.	Масса 1000 семян, г
1. Контроль	109	7,3	7,8	4,16
2. Обработка семян	115	7,7	8,3	4,46
3. Обработка вегетирующих растений в фазу «елочка»	122**	7,7	8,6**	4,50
4. Обработка семян+ обработка вегетирующих растений в фазу «елочка»	117*	7,6	8,6*	4,58
5. Обработка вегетирующих растений: в фазу «елочка» и в фазу цветения	125***	7,7	8,4	4,59
НСР05	7,4	F _ф <F _т	0,45	-

Примечание: здесь и далее * – уровень вероятности P > 0,95; ** – уровень вероятности P > 0,99; *** – уровень вероятности P > 0,999.

Урожайность соломы в контрольном варианте без обработки составила 500 г/м² (табл. 2). При обработке биопрепаратами отмечено достоверное превышение урожайности во всех вариантах.

Таблица 2 – Влияние обработки льна-долгунца КМБ на урожайность соломы и элементы структуры продуктивности

Вариант	Урожайность, г/м ²	Общая длина стебля, см	Техническая длина стебля, см
1. Контроль	500	74,7	58,5
2. Обработка семян	515**	77,7**	59,6
3. Обработка вегетирующих растений в фазу «елочка»	522**	78,1***	60,2*
4. Обработка семян+ обработка вегетирующих растений в фазу «елочка»	515*	76,0	59,6
5. Обработка вегетирующих растений: в фазу «елочка» и в фазу цветения	526**	75,4	59,1
НСР05	14,2	1,54	1,44

Наибольшая урожайность соломы также получена при двукратной обработке вегетирующих растений КМБ в фазу «елочка» и в фазу цветения – 526 г/м². Более высокие показатели общей и технической длины стебля получены при однократной обработке вегетирующих растений в фазу «елочка» – 78,1 и 60,2 см соответственно.

Таким образом, применение КМБ в рекомендованных дозировках в целом благоприятно влияет на продуктивность льна-долгунца. Лучшим способом применения изученных препаратов при возделывании льна-долгунца на семенные цели является двукратная обработка вегетирующих растений (в фазу «елочка» и в фазу цветения). В этом случае растения формируют большее число коробочек и число семян в них, при этом семена отличаются лучшей выполненностью, выравненностью и массой 1000 семян. При выращивании льна-долгунца с целью получения волокна или для двустороннего применения использование комплекса биопрепаратов возможно двумя способами: предпосевная обработка семян или обработка вегетирующих растений в фазу «елочка».

Литература

1. Емелев С.А. Активность биологических протравителей семян на яровом ячмене // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. - № 9(191). – С. 5-10.
2. Ресурсосберегающие технологии производства и послеуборочной обработки зерна: учебное пособие для лабораторных и практических занятий для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия / Р.Ф.

Курбанов, В.Е. Саитов, А.В. Созонтов, В.В. Шилин. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – 112 с.

3. Емелев С.А. Влияние биопрепаратов на всхожесть и рост проростков яровой пшеницы Ирень // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства: Матер. Всерос. научн.-практич. конф. с международ. участием. – Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2019. – С. 194-199.

4. Емелев С.А. Влияние биопрепаратов на полевую всхожесть и урожайность ярового ячменя сортов Белгородский 100 и Нур // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Матер. III Всерос. научн.-практич. конф. с международ. уч. – Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2020. – С. 42-47.

5. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) биогазовым эффлюентом на энергию прорастания и всхожесть семян / Р.Ф. Курбанов, Е.С. Лыбенко, А.В. Созонтов, А.М. Вахрушева // Вестник Вятского ГАТУ. – 2021. - № 3(9). – С. 1-6.

6. Селекция новых сортов льна для Северо-Восточного региона / С.Ф. Тихвинский, А.Н. Дудина, С.В. Доронин, [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2007. – № 9. – С. 38-39.

7. Стаценко Е.С., Леконцева Т.А., Баранова Ю.А. Возможность использования льна в пищевой промышленности // Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур: Матер. II Всерос. научн.-практич. конф. с международ. уч. – Киров: Вятская ГСХА, 2017. – С. 106-110.

8. Леконцева Т.А. Оценка новых селекционных сортов льна-долгунца с маркерными морфологическими признаками в стационарном конкурсном испытании // Науке нового века – знания молодых: Матер. 6-й научн. конф. аспирантов и соискателей. – Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2006. – С. 31-33.

9. Софронова Анатомическое строение стебля и качество волокна новых отечественных сортов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в условиях Кировской области / А.А. Хлопов, Е.С. Лыбенко, Т.А. Леконцева, Е.С. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 12(50). – С. 23-27.

УДК 579.64
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ НОВОГО
УДОБРЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПУТЕМ ВЫРАЩИВАНИЯ
СТРЕПТОМИЦЕТОВ НА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКЕ, НА ПРИМЕРЕ
КРЕСС-САЛАТА (*LEPIDIUM SATIVUM* L.) В ЛАБОРАТОРНЫХ
УСЛОВИЯХ

Маградзе Е.И.
ФГБОУ ВО Удмуртский ГУ
elena.magradze@gmail.com

Аннотация. Бактериальные удобрения прочно занимают свою нишу в сельском хозяйстве. Нами разрабатывается новое бактериальное удобрение путем выращивания стрептомицетов на молочной сыворотке в качестве питательной среды. Мы изучаем влияние удобрения на различные сельскохозяйственные культуры. Данная статья посвящена изучению пролонгированного действия нового удобрения на кресс салат.

Ключевые слова: бактериальное удобрение, молочная сыворотка, стрептомицеты.

Бактериальные удобрения находят все большее применение в сельском хозяйстве. Они считаются экологически безвредными, так как при их применении исключена передозировка химических компонентов; бактерии, входящие в состав таких удобрений, являются почвенными микроорганизмами, чьи продукты метаболизма положительно влияют на растения [1-4]. Одним из главных условий при создании бактериальных удобрений является численность микроорганизмов. Их должно быть не менее 10^6 клеток/л удобрения [5]. Для этого бактерии выращивают на питательных средах. Чтобы удобрение было относительно дешевым, питательные среды должны иметь невысокую стоимость. Это условие достигается за счет применения отходов каких-либо производств.

Мы выращивали стрептомицеты на отходе производства творога – молочной сыворотке. Нами были выбраны стрептомицеты, так как известно, что они обладают антибактериальной и антифунгальной активностью, являются продуцентами гидролитических ферментов, и веществ, необходимых для роста культурных растений [6].

Стрептомицеты выделены из почвы Ижевского Ботанического сада УдГУ. Два выделенных штамма синтезируют красный и синий пигменты.

Так как цельная молочная сыворотка не является хорошей питательной средой для бактерий из-за высокой концентрации питательных веществ, мы выращивали стрептомицеты на разведенной сыворотке, не добавляя в нее других питательных компонентов. Время культивирования 7 суток при температуре $29 \pm 1^\circ\text{C}$.

В конце культивирования определяли численность стрептомицетов в готовом препарате.

Далее изучали пролонгированное влияние этого препарата на рост кресс-салата в лабораторных условиях. Для этого в 4 контейнера засыпали по 1600 мл готового цветочного грунта. Однократный полив осуществляли по схеме: первый контейнер – вода, второй контейнер – удобрение, третий контейнер – разведенная автоклавированная сыворотка, четвертый контейнер – удобрение «Байкал». «Байкал» разводили по рекомендации производителя (12 капель на 0,5 л воды). Численность стрептомицетов составила $8,96 \cdot 10^8$ КОЕ/л. Норма полива – 0,5 л. В дальнейшем, по мере высыхания почвы полив осуществляли только водой в течение одной недели. Сыворотка, вода и удобрение «Байкал» были контролем в нашем эксперименте.

Через месяц в каждый контейнер посеяли по 45 семян кресс-салата. Полив осуществляли водой. Количество проросших семян считали на третий день (энергия прорастания), на пятый день (всхожесть) и через месяц. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость количества проросших семян от вида полива

Вид полива	Препарат со стрептомицетами	«Байкал»	Сыворотка	Вода
Энергия прорастания, %	57,8	44,4	77	31,1
Всхожесть, %	71,1	44,4	82,2	40
Количество всходов через месяц, %	86,7	51,1	40	64,4

Как видно из таблицы 1, всхожесть и энергия прорастания были максимальными при поливе сывороткой. Однако через месяц в почве, политой сывороткой, количество проросших семян уменьшилось в два раза. В контейнере с удобрением количество проросших семян увеличилось.

Через месяц после посева были измерены длина стебля и корня побегов, ширина и длина семядольных листьев, а также посчитаны побеги с первым настоящим листом.

На рисунке 1 представлены данные по влиянию вида полива на среднюю длину стебля.

Препарат оказало положительное влияние на среднюю длину стебля, однако достоверную разницу мы наблюдали только между поливом нашим препаратом и «Байкалом».

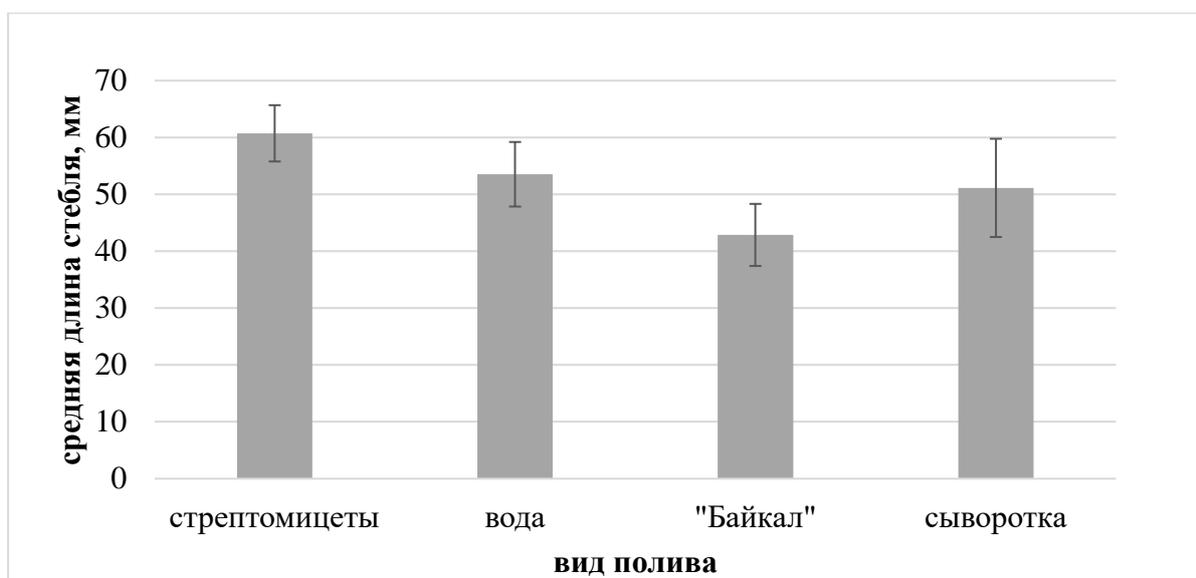


Рисунок 1 – Зависимость средней длины стебля кресс-салата от вида полива

Средняя длина корня не зависела от вида полива. Однако зависимость средней длины и ширины семядольных листьев от вида полива была статистически значимой: наше удобрение оказало положительное влияние на их размер. Результаты представлены на рисунке 2.

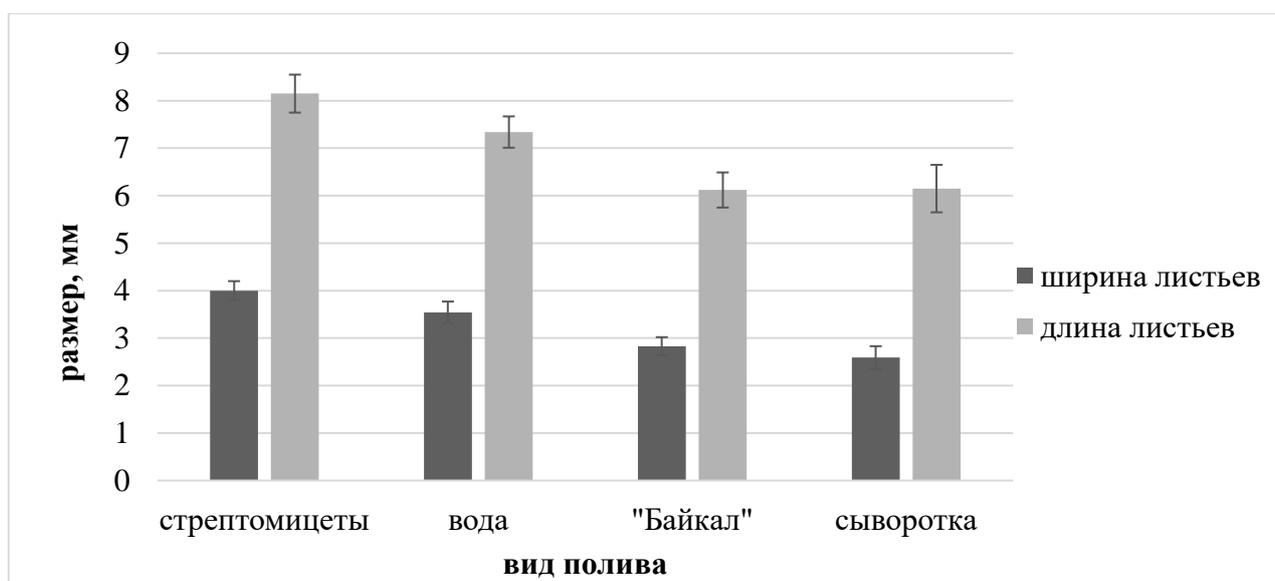


Рисунок 2 – Зависимость размера семядольных листьев от вида полива

В контейнере с удобрением первый настоящий лист появился у 19 побегов из 39. На втором месте по относительному количеству побегов с первым настоящим листом оказался контейнер, в котором почву поливали водой. В двух других контейнерах побегов с настоящими листьями не оказалось. Данные по влиянию удобрения на появление первого настоящего листа у побегов представлены на рисунке 3.

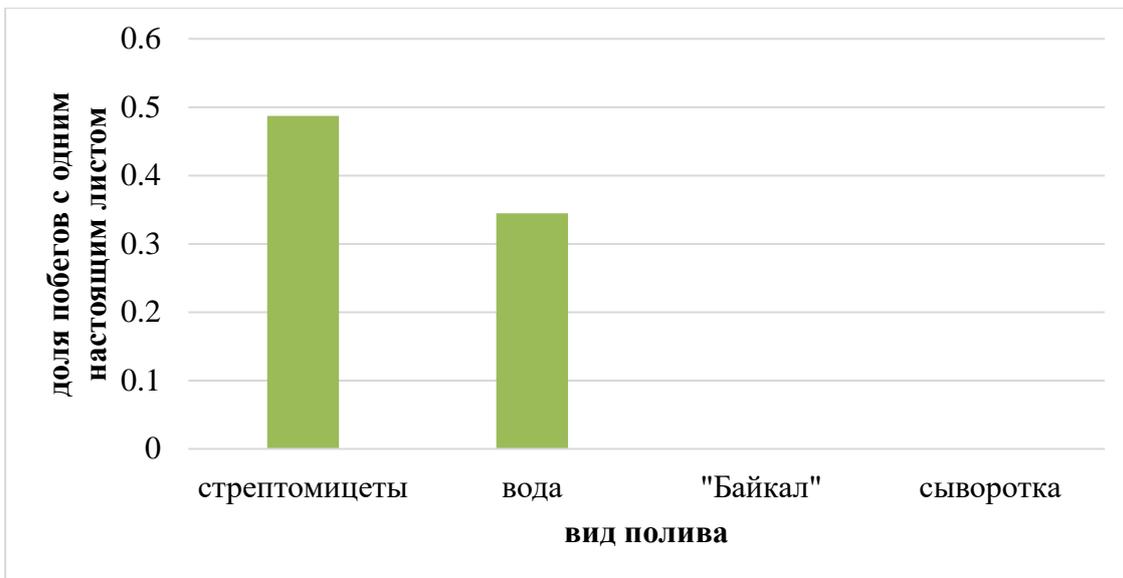


Рисунок 3 – Зависимость относительного количества побегов с первым настоящим листом от вида полива

Таким образом, доказано, что препарат, содержащий стрептомицеты, положительно повлиял на прорастание семян и рост побегов кресс-салата (*Lepidium sativum* L.).

Литература

1. Оптимизация микробиологического состава биопрепарата при выращивании лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) / Л.И. Домрачева, Д.В. Козылбаева, А.Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 1. – С. 94-101.
2. Рост и развитие люпина узколистного в присутствии лишенобиоты / Л.И. Домрачева, С.Г. Скугорева, А.И. Коротких [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 2. – С. 183-188.
3. Биопрепараты как фактор регулирования ростовых процессов / Ю.Н. Зыкова, В.А. Изотова, Л.В. Трефилова, А.Л. Ковина // Современному АПК – эффективные технологии: матер. Международ. науч.-практич. конф., в 5 т. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т.1. Агрономия. – С. 176-180.
4. Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Роль почвенных бактерий в улучшении жизнедеятельности растений // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: матер. Международ. науч.-практич. конференции / редкол.: Т.Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 264-265.
5. Коган В.Е., Карапетян К.Г. Экологически безопасные удобрения – основа рационального природопользования // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 08(62), ч. 2. – С. 63-66.
6. Рябова О.Г., Широких И.Г. Рост и антифунгальная активность стрептомицетов на фоне повышенной кислотности среды // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – №3. – 100-107.

УДК 631.461.3

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ
НА АКТИВНОСТЬ НИТРИФИКАТОРОВ
В ТОРФОЗЕМАХ РАЗНОГО ТИПА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

Маслов М.Н.¹, Маслова О.А.²

¹ *ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова*
maslov.m.n@yandex.ru

² *ФГБУ Институт молекулярной генетики НИЦ Курчатовский институт*
elvi.23@mail.ru

Аннотация. Нетто-минерализация почвенного азота (N) была значительной при всех сочетаниях температуры и влажности. В лесных торфяниках скорость минерализации N была выше, чем в пахотных, что связано с различиями в количестве, качестве и регулярности поступления растительного опада. Влияние уровня влажности и типа землепользования на температурную чувствительность нетто-нитрификации не установлено. В целом, колебания температуры и влажности почвы при изменении климата не вызовут резкого увеличения нетто-нитрификации в торфяниках.

Ключевые слова: нитрификация, температурная чувствительность, микробная биомасса почвы, землепользование, эутрофные торфяники.

Доступность почвенного азота (N) является не только важным параметром плодородия почвы, но также влияет на многие характеристики экосистемы, такие как биоразнообразие, первичная продуктивность и способность к депонированию углерода. Оценка процессов трансформации азота может быть использована при биодиагностике почв. Скорость минерализации органического азота в почве непостоянна во времени и пространстве и зависит от многих факторов, таких как тип почвы, состав почвенных микроорганизмов, а также температура и влажность почвы. Несомненно, температура инкубации является наиболее изученным фактором, определяющим скорость образования минерального азота в почве, поскольку химические и ферментативные реакции, происходящие при разложении, зависят от температуры. Большинство исследований продемонстрировало, что скорость нетто-минерализации азота имеет тенденцию к постепенному увеличению с повышением температуры. Мерой температурной чувствительности минерализации является коэффициент Q_{10} , который отражает увеличение скорости минерализации при повышении температуры инкубации на 10 °С. Например, коэффициент Q_{10} , равный 2, считается наиболее физиологически нормальным значением, означает, что скорость процесса удваивается при повышении температуры на 10 °С. Однако многие эксперименты показали, что значения Q_{10} могут существенно различаться (от 1,03 до 11,89 – [1]) в разных экосистемах из-за влияния других факторов окружающей среды, например, влажности. Однако, хотя влажность почвы определяет уровень доступности кислорода, удельные скорости роста и

ферментативную активность микроорганизмов, имеется мало информации о комбинированном влиянии температуры и влажности почвы на чистые процессы минерализации азота.

Исследование проводили в центральной части поймы реки Яхрома (Дмитровский район, Московская область, Россия, 56°23' с.ш., 37°26' в.д.), одной из старейших мелиорированных территорий России, история освоения которой хорошо задокументирована. Изначально (до 1910-х гг.) эта территория представляла собой единую болотно-лесную экосистему с преобладанием в древостоях *Betula pendula* и *Alnus incana*. В дальнейшем разные части единой экосистемы развивались по-разному. В нашем исследовании мы выбрали 4 наиболее типичных участка, которые принадлежат к разным типам землепользования: пахотный торфяник (AP100), который непрерывно используется в сельском хозяйстве более 100 лет; пахотный торфяник (AP50), который используется в сельском хозяйстве более 50 лет; постагрогенный торфяник (PAP) с периодом лесовосстановления в несколько десятилетий после 50-летнего периода сельскохозяйственного использования; и участок почти нетронутого болотного леса (NAP) с преобладанием *Betula pendula*. Ранее мы публиковали подробное описание этих участков [2].

В пределах каждого участка в августе 2020 года были взяты четыре смешанных образца с поверхности (0-20 см) торфяного слоя. Влияние температуры и влажности на минерализацию почвенного азота исследовали в лабораторном инкубационном эксперименте продолжительностью 21 день. Высушенные на воздухе навески торфа увлажняли бидистиллированной водой для достижения различных уровней влажности (30, 60 и 90% ППВ). Всего в эксперименте было использовано 288 образцов (4 типа землепользования × 6 температур × 3 уровня влажности × 4 повторности). Сосуды с увлажненными образцами торфа предварительно инкубировали в течение 7 дней при комнатной температуре, чтобы минимизировать нарушения микробиологической активности из-за проведенных манипуляций. После предварительной инкубации образцы инкубировали при постоянных температурах +5, +10, +15, +20, +25 и +30 °С. Содержание аммония и нитратов в образцах торфа определяли на 0 и 21 день инкубации, а содержание углерода и азота микробной биомассы определяли перед началом инкубации. На основании полученных данных рассчитывали скорость минерализации азота (R , мг·кг⁻¹·сут⁻¹) и коэффициент температурной чувствительности нетто-нитрификации (Q_{10}) для следующих температурных диапазонов: 5-15, 10-20, 15-25 и 20-30 °С отдельно для каждого уровня влажности.

Скорость нетто-аммонификации в почвах варьировала от 0,53 до 2,03 мг·кг⁻¹·сут⁻¹ (рис. 1). Тип землепользования, температура и уровень влажности, а также их взаимодействие оказали значительное влияние на константы скорости нетто-аммонификации и нетто-нитрификации. Максимальные значения скорости нетто-аммонификации характерны для лесной почвы (NAP), а минимальные – для пахотных торфяников (AP50 и AP100). С повышением температуры инкубации скорость нетто-аммонификации снижалась, достигая отрицательных значений при температуре 15-20 °С (для пахотных и

постагрогенного торфяников). Влияние повышения уровня влажности на скорость аммонификации зависело от температуры инкубации: при низкой температуре (5-10 °С) увеличение влажности почвы способствовало увеличению скорости нетто-аммонификации, но при более высоких температурах она снижалась.

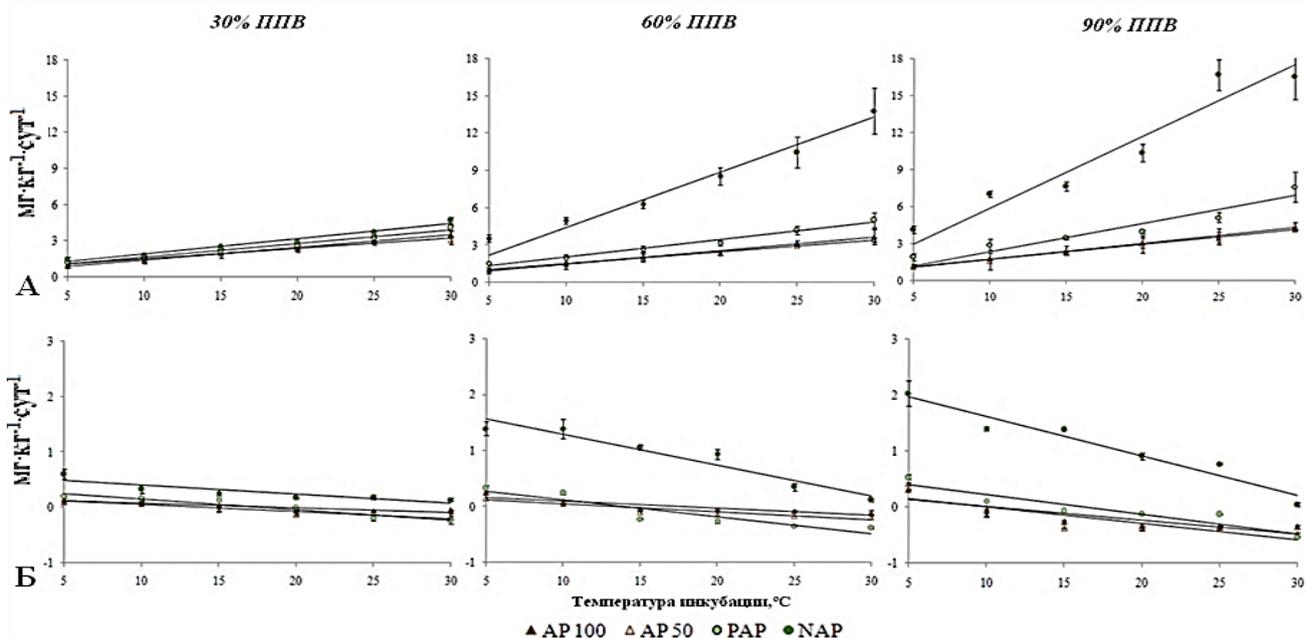


Рисунок 1 – Скорость нетто-нитрификации (А) и нетто-аммонификации (Б) в почвах (мг·кг⁻¹·сут⁻¹; среднее значение ± стандартная ошибка)

Разница в скорости нетто-нитрификации была более значительной, чем для аммонификации, и составляла от 0,93 до 16,68 мг·кг⁻¹·сут⁻¹. Максимальные значения скорости нетто-нитрификации были характерны для лесного участка (NAP), минимальные значения – для пахотных участков (AP50 и AP100), а постагрогенный торфяник (PAP) занимал промежуточное положение по этому показателю (рис. 1). Повышение как температуры, так и влажности привело к увеличению скорости нетто-нитрификации, которая достигла максимальных значений при максимальном уровне влажности и температуре инкубации.

Значения коэффициента температурного чувствительности (Q_{10}) нетто-нитрификации варьировались в довольно узком диапазоне от 1,34 до 2,11 и зависели от выбранного диапазона температур: максимальные значения Q_{10} были характерны для диапазона минимальных температур инкубации (5-15 °С) и постепенно уменьшались с повышением температуры, также как это ранее было показано для коэффициента температурной чувствительности минерализации органического вещества почвы [3]. Такая зависимость коэффициента Q_{10} от температуры может быть объяснена уменьшением энергии активации, необходимой для реакций минерализации органических соединений в почве с повышением температуры инкубации [3, 4].

Средние значения коэффициента Q_{10} составляли 1,58-1,72 и не зависели от уровня влажности или типа землепользования. Полученные значения близки к прогнозируемым с помощью модели Аррениуса, что указывает на то, что температура была основным фактором, контролирующим скорость

минерализации азота в торфяниках. Значения Q_{10} для торфяников близки к ранее опубликованному среднему значению этого коэффициента для различных почв, которое составляет 2,21, хотя коэффициент температурной чувствительности нетто-минерализации азота может варьироваться в широком диапазоне от 1,03 до 11,89 [1]. Мы не установили статистически значимых различий в температурной чувствительности нетто-нитрификации между торфяниками с разным типом землепользования, несмотря на значительную разницу в скорости этого процесса при разных температурах. Известно, что Q_{10} зависит от качества органического вещества почвы и, согласно уравнению Аррениуса, более устойчивые компоненты, имеющие более высокую энергию активации, имеют более высокие значения Q_{10} и более чувствительны к повышению температуры, чем более лабильные органические вещества [4, 5]. Эта гипотеза ранее была экспериментально подтверждена, хотя ее универсальность может быть поставлена под сомнение. В частности, в нашем исследовании, несмотря на значительную разницу в количестве и качестве поступающих в почву растительных остатков при разных типах землепользования, не было обнаружено значительных различий в температурной чувствительности чистой нитрификации. Отсутствие такой зависимости можно объяснить разными метаболическими возможностями и экологическими стратегиями микроорганизмов лесов и пахотных торфяников (преобладанием в лесной почве быстрорастущих г-стратегов, использующих легкоусваиваемые субстраты развитие в пахотных почвах медленно растущих К-стратегов, специализирующихся на разложении более устойчивых субстратов), а также тем, что почвенные микроорганизмы могут потреблять только определенные фракции органического вещества.

Таким образом, основным процессом нетто-минерализации соединений азота в торфяниках являлась нетто-нитрификация, максимальная скорость которой достигалась при максимальных значениях температуры инкубации и влажности. Повышение уровня влажности создавало необходимые условия для протекания биохимических реакций минерализации органического вещества почвы, обеспечивающих контакт между микроорганизмами, ферментами и субстратом, однако скорость этих реакций зависела от температуры инкубации. Сельскохозяйственное использование торфяников может иметь долгосрочное влияние на круговорот азота в почве, поскольку естественное зарастание пашни лесом в течение нескольких десятилетий не привело к полному восстановлению скорости нетто-минерализации азота.

Значения Q_{10} нетто-нитрификации торфяников всех типов землепользования были близки к физиологически нормальному значению 2, что указывает на то, что температура была основным фактором, регулирующим процесс нитрификации. Отсутствие значительного влияния типа землепользования, определяющего качество органического вещества почвы, на температурную чувствительность нетто-нитрификации может быть связано как с разными экологическими стратегиями микроорганизмов на разных участках, так и с тем, что микроорганизмы могут потреблять только определенные фракции органических веществ. Наши данные показывают, что при потеплении

климата при любом из сценариев изменения количества осадков в течение вегетационного периода не следует ожидать резкого увеличения потерь нитратов из почв умеренных торфяников, независимо от их землепользования.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект 20-74-00023).

Литература

1. A global synthesis of the rate and temperature sensitivity of soil nitrogen mineralization: latitudinal patterns and mechanisms / Y. Liu, C.H. Wang, N.P. He, et al. // *Glob. Chang. Biol.* – 2016. – V. 23. – P. 455–464.
2. Maslov M.N., Maslova O.A. Temperate peatlands use-management effects on seasonal patterns of soil microbial activity and nitrogen availability // *Catena.* – 2020. – V. 190. – P. 104548.
3. Synthesis analysis of the temperature sensitivity of soil respiration from laboratory studies in relation to incubation methods and soil conditions / S. Hamdi, F. Moyano, S. Sall, et al. // *Soil Biol. Biochem.* – 2013. – V. 58. – P. 115–126.
4. Davidson E.A., Janssens I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change // *Nature.* – 2006. – V. 440. – P. 165–173.
5. Von Lützow M., Kögel-Knabner I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition - what do we know? // *Biol. Fertil. Soils.* – 2009. – V. 46. – P. 1-15.

УДК 57.084.1

ALGALTEXTILE - НОВЫЙ БИОГИБРИДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Мельникова А.А., Комова А.В., Намсараев З.Б.

*НИЦ Курчатовский институт
melnikova.a.bio@gmail.com*

Аннотация. Был разработан новый материал AlgalTextile, состоящий из трех полностью органических компонентов: альгината, микроводорослей и хлопкового текстиля. AlgalTextile поглотил 99,6% фосфора (P-PO₄) и 76,1% общего азота из среды "Trebou". Преимуществами AlgalTextile являются простота производства, возможность сезонного использования и применения в качестве удобрения. Использование отработанного AlgalTextile для выращивания кресс-салата показало рост в высоту на 35% выше, чем у контрольных растений.

Ключевые слова: AlgalTextile, микроводоросли, фосфор, азот, очистка сточных вод.

В настоящее время в мире остро стоит задача повторного использования азота и фосфора из сточных вод, так как эти элементы при попадании в водоемы вызывают эвтрофирование [1, 2], а фосфор, помимо того, является ценным исчерпаемым ресурсом [3]. Для эффективной микробиологической

очистки сточных вод, удобного сбора биомассы и утилизации микроводорослей мы разработали новый материал AlgalTextile.

AlgalTextile изготовлен из натуральных биоразлагаемых материалов: альгинатный гель с иммобилизованными внутри микроводорослями прикреплен к органической ткани. Были проведены следующие эксперименты: культивирование хлореллы в суспензии, с иммобилизацией в альгинатных шариках и AlgalTextile; использование отработанного AlgalTextile в качестве удобрения для выращивания кресс-салата. В конце каждого эксперимента среда микроскопировалась на предмет наличия свободных клеток. Для работы была использована культура микроводоросли *Chlorella* IPPAS C-1 (*Chlorella sorokiniana* Shihira & R.W.Krauss). Для моделирования условий сточных вод был разработан и собран в двух экземплярах открытый наклонный мини-фотобиореактор. Ежедневно отбирались пробы питательной среды для измерения содержания азота и фосфора системами кюветных тестов LCK349 и LCK138 (НАСН). Для проверки возможности применения в качестве удобрения отработанного AlgalTextile использовались семена кресс-салата *Lepidium sativum*.

AlgalTextile поглощал азот и фосфор быстрее, чем два контрольных метода культивирования: В первый день AlgalTextile поглотил в 20,5 раз больше P-PO₄ (фосфор фосфатов), чем альгинатные бусины с *C. sorokiniana* C-1, и в 7,3 раза больше P-PO₄, чем суспензия *C. sorokiniana* C-1 (рис. 1); поглощение TNb (общего азота) AlgalTextile в первые 24 часа было на 31% выше, чем суспензией, и на 43% выше по сравнению с альгинатными бусинами (рис. 2). К 10-му дню эксперимента AlgalTextile поглотил 59% TNb, содержащегося в среде, в 4 раза больше азота, чем альгинатные бусины, и в 5,5 раз больше азота, чем суспензия микроводорослей.

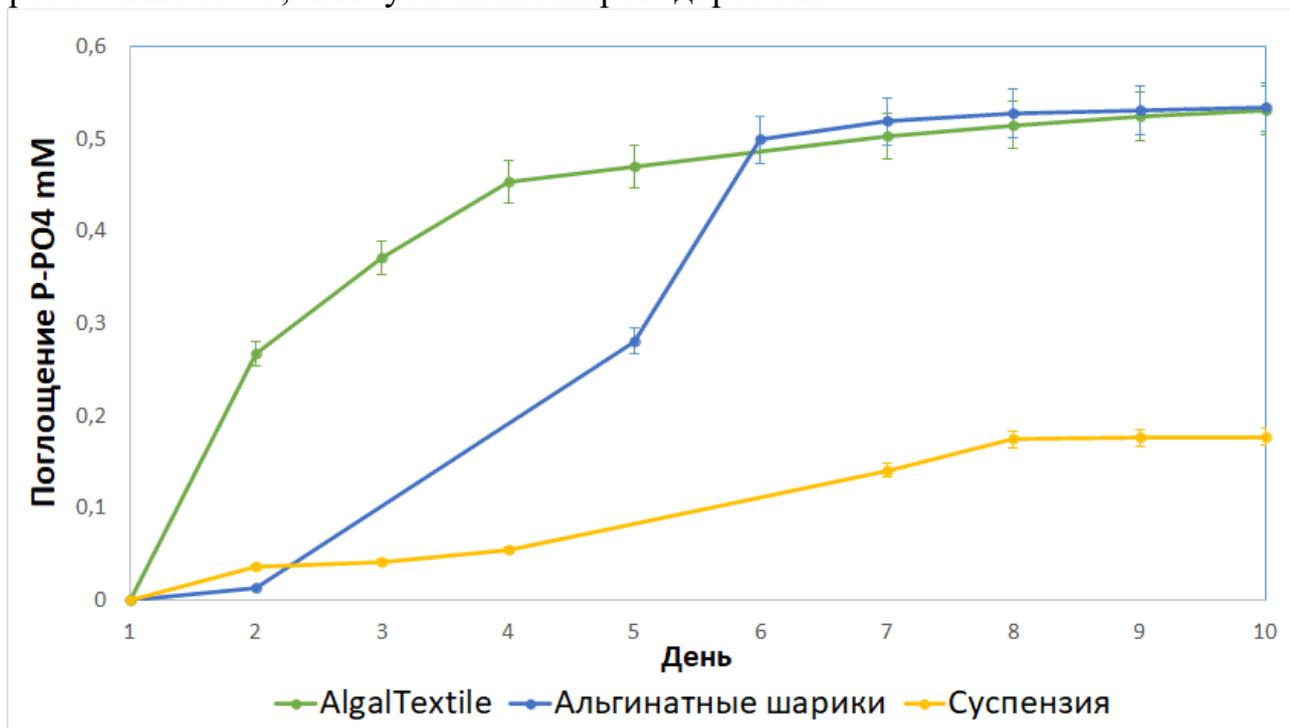


Рисунок 1 – Сравнение поглощения фосфора фосфатов AlgalTextile и традиционными методами культивирования

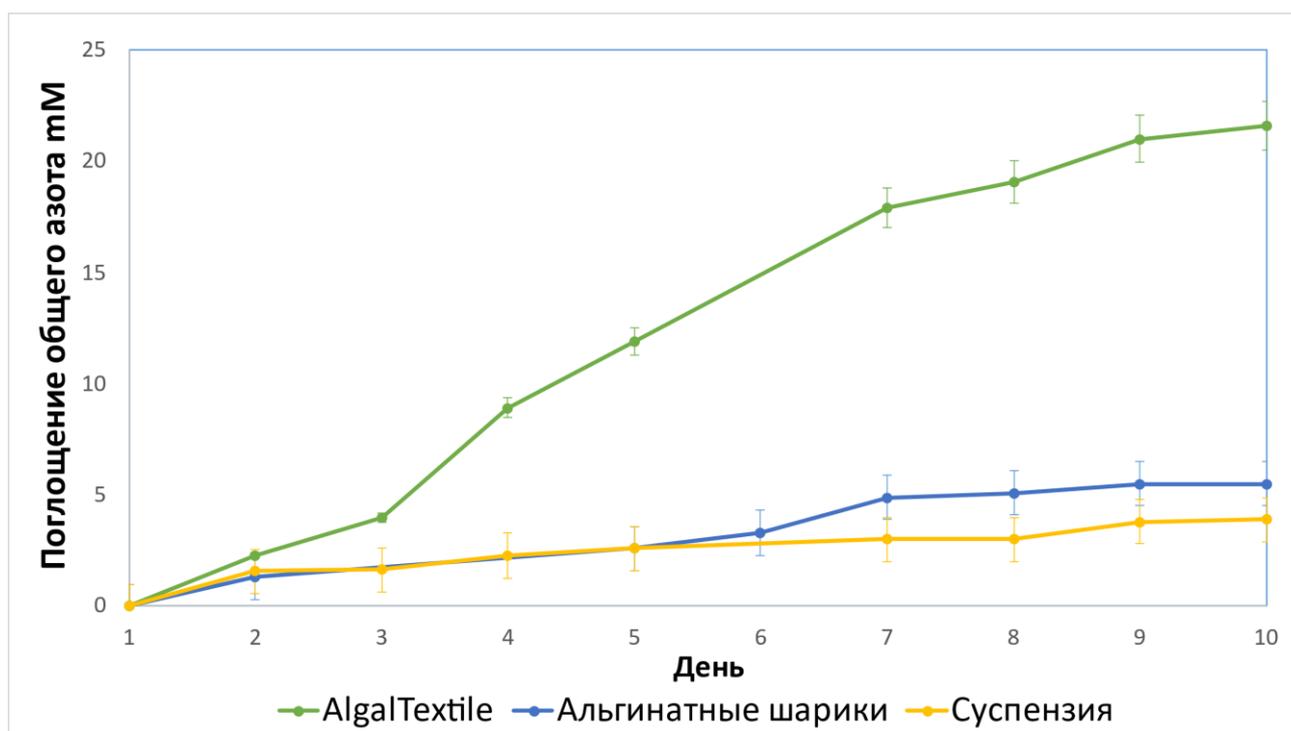


Рисунок 2 – Сравнение поглощения азота AlgalTextile и традиционными методами культивирования

Использование AlgalTextile в качестве удобрения оказывает стимулирующее действие на рост растений: растения с удобрением в виде AlgalTextile выросли выше контрольных на 35% (рис. 3).

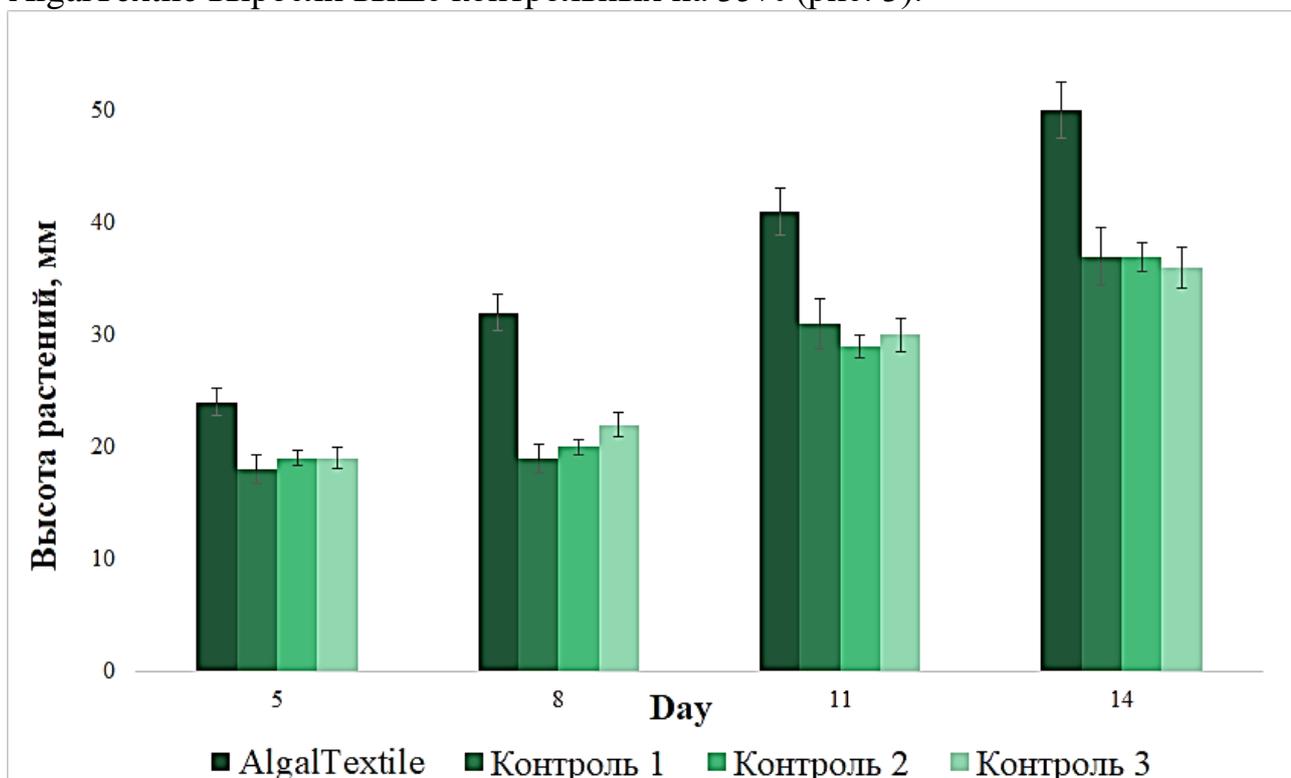


Рисунок 3 – Рост кресс-салата с обработанным AlgalTextile в качестве удобрения и поливом водопроводной водой. "AlgalTextile" – AlgalTextile в качестве удобрения; "Контроль 1" - альгинатный гель на хлопковой ткани; "Контроль 2" – хлопковая ткань; "Контроль 3" – без удобрения

Предварительная оценка возможной области применения AlgalTextile показывает, что его можно использовать для сезонной очистки сточных вод, очистки загрязненных поверхностных стоков, а также в качестве аналога algal turf [4] в эвтрофных водоемах (рис. 4). Наиболее актуальным методом применения AlgalTextile является очистка сточных вод с неравномерным поступлением загрязняющих веществ в течение года, например, рекреационные зоны с небольшим количеством загрязнений в течение года, но увеличением в летний туристический сезон. Еще одно возможное применение AlgalTextile – очистка загрязненных поверхностных стоков. Наш метод позволит не только снизить содержание питательных веществ в стоках, но и предотвратить эрозию и перенос почвы. AlgalTextile также потенциально может быть использован как аналог плавающего algal turf для удаления загрязнений из водоемов. Микроорганизмы будут потреблять питательные вещества из эвтрофной воды, оставаясь иммобилизованными в геле. После использования AlgalTextile может быть собран и использован для рециркуляции собранных питательных веществ.

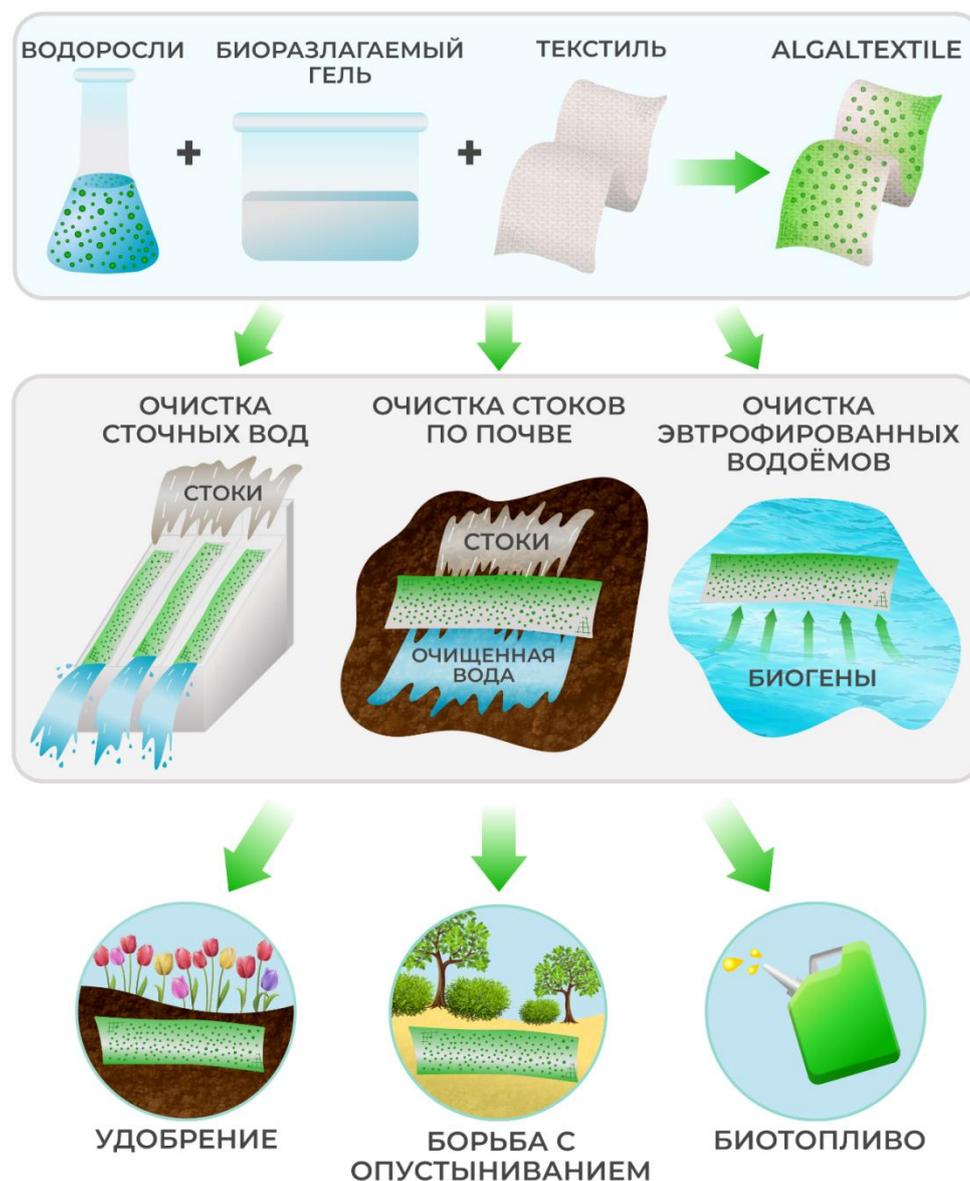


Рисунок 4 – Потенциальное применение и использование AlgalTextile

Отделение биомассы от геля проблематично, поэтому использование AlgalTextile целесообразно в тех областях, где нет необходимости в конечном получении чистой биомассы. Использованный AlgalTextile может применяться в качестве биоудобрения, средства против опустынивания и сырья для биотоплива. Использование удобрения в виде иммобилизованных микроводорослей на полях (загруженный биомассой AlgalTextile) может помочь решить проблему вымывания питательных веществ и дать растениям долгосрочный доступ к питательным веществам. Благодаря тому, что AlgalTextile полностью состоит из натуральных биоразлагаемых компонентов (микроорганизмы, натуральный альгинатный гель, натуральная ткань), использованный материал может стать экологичным сырьём для получения биотоплива. Поскольку AlgalTextile может быть удобрением, в дальнейшей работе следует проверить возможность использования материала для борьбы с деградацией почвы и опустыниванием. Большие площади ткани потенциально могут помочь растениям закрепиться в почве. Поскольку клетки иммобилизованы, биомасса как основной источник питательных веществ не будет выветриваться или вымываться при орошении.

Литература

1. Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities / W.A.V. Stiles et al //Bioresource technology. – 2018. – Т. 267. – С. 732-742.
2. Algal bloom occurrence and effects in Russia / Z. Namsaraev et al //Water. – 2020. – Т. 12. – № 1. – С. 285.
3. Cordell D., White S. Life's bottleneck: sustaining the world's phosphorus for a food secure future //Annual Review of Environment and Resources. – 2014. – Т. 39. – С. 161-188.
4. Phosphorus removal from wastewater using an algal turf scrubber / R.J. Craggs et al //Water Science and Technology. – 1996. – Т. 33. – № 7. – С. 191-198.

УДК 579.695; 546.85; 502.55; 661.63

БИОДЕГРАДАЦИЯ ОПАСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ВТОРОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Миндубаев А.З.¹, Бабынин Э.В.³,
Бадеева Е.К.², Минзанова С.Т.², Караева Ю.В.¹**

¹ *Институт энергетики и перспективных технологий ФИЦ КазНЦ РАН
a.mindubaev@knc.ru; mindubaev-az@yandex.ru*

² *Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН*

³ *Татарский НИИХП ФИЦ КазНЦ РАН*

Аннотация. На протяжении 13 лет ведется работа по исследованию биодegradации фосфорсодержащих соединений. За это время собран богатейший материал, получены уникальные результаты. В перспективе они

могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора. Теперь история развития самого проекта стала интересной и полезной для всех, кто интересуется реализацией стартапов и инноваций.

Ключевые слова: биodeградация, детоксикация, токсичные соединения фосфора, проект.

Одним из важнейших методов обезвреживания промышленных стоков, территорий и акваторий, загрязненных разнообразными неприродными веществами, в том числе самыми токсичными, является биodeградация [1]. Ее главное преимущество, по сравнению с существующими альтернативными методами обезвреживания, заключается в том, что при использовании биodeградации в окружающую среду не вносятся новые химические загрязнители.

Схема метаболического обезвреживания вещества первого класса опасности метилового спирта и его токсичного метаболита – биоцида формальдегида, изображенная по литературным источникам [2-4], представляет удивительные возможности микробного метаболизма (рис. 1).

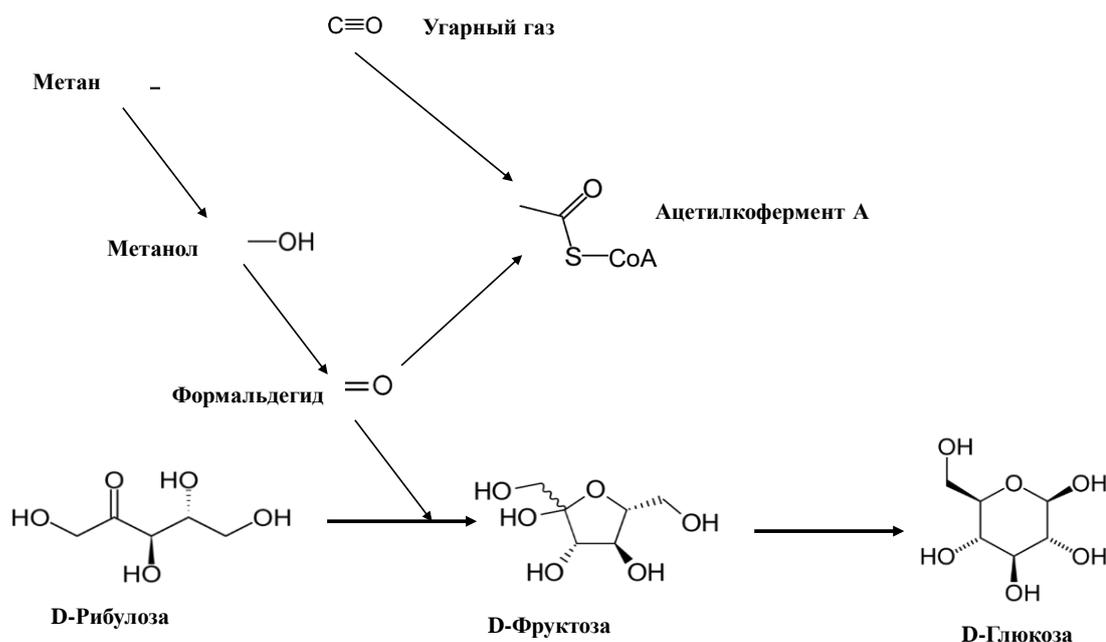


Рисунок 1 – Замечательным примером биodeградации является превращение метанола и формальдегида в пищевой сахар фруктозу, при помощи рибулозофосфатного пути метаболизма бактерии *Methylomonas aminofaciens*. А карбоксидобактерии, например, *Oligotropha carboxidovorans*, способны из формальдегида и угарного газа синтезировать радикал ацетил – одно из центральных звеньев метаболизма. Рисунок А.З. Миндубаева.

Тринадцать лет назад возник наш проект обезвреживания ксенобиотиков, предназначенный для очистки сточных вод и загрязненных грунтов [5, 6]. Работа направлена на разработку научных основ детоксикации белого фосфора

- опасного промышленного загрязнителя окружающей среды. В наших работах впервые получены культуры микроорганизмов, растущих в культуральных средах, содержащих белый фосфор.

Главное преимущество метода – экологическая безопасность. Существующие в настоящий момент методы обезвреживания [7], наряду с очевидными достоинствами, представляют экологическую угрозу, поскольку требуют применения опасных химикатов, либо значительных энергетических затрат.

Проект начался в 2009 г. по заказу голландской фирмы Thermphos International. Задачей являлось обезвреживание белого и желтого фосфора – веществ первого класса опасности. В 2012 году из осадка сточных вод с белым фосфором был выделен штамм устойчивой актинобактерии *Streptomyces* sp. A8. В 2014 г. был получен грант РФФИ 14-08-31091 мол_а (2014 - 2015 гг) «Биологическая деградация промышленных стоков, содержащих белый фосфор и его производные». В этом же году из реактива белого фосфора был выделен штамм *Aspergillus niger* AM1 (рис. 2).

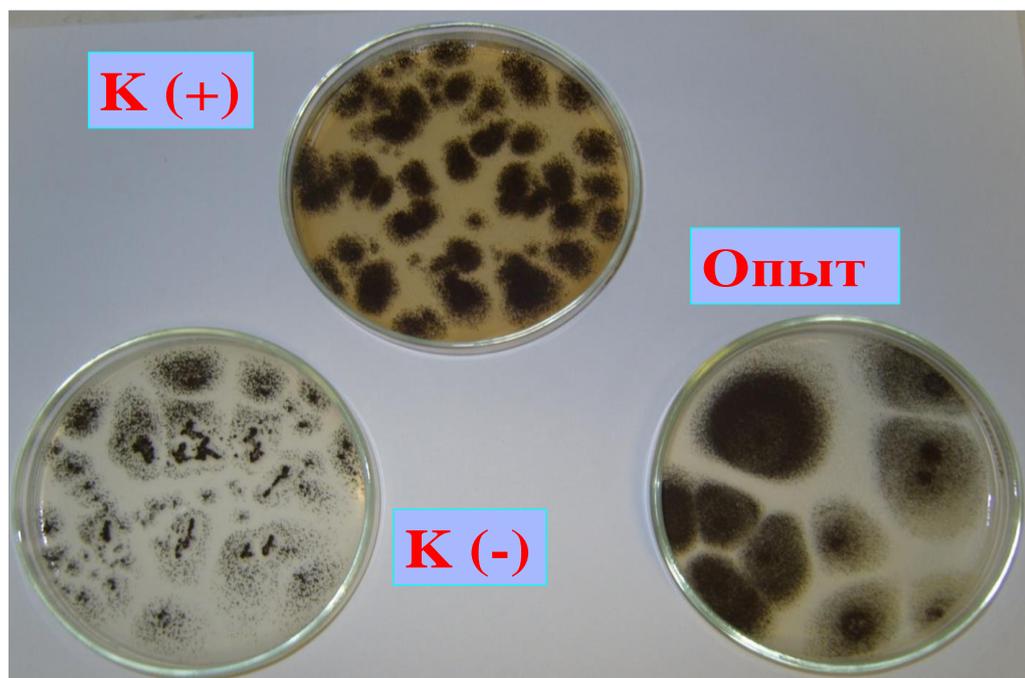


Рисунок 2 – Посев устойчивых грибов *A. niger*. К (+) – среда с фосфатом: наблюдался рост 49 спорообразующих колоний *A. niger*. К (-) – среда без источника фосфора: в ней наблюдался рост 33 ослабленных колоний. Опыт – среда с 0.05% белого фосфора: наблюдался рост 11 крупных спорообразующих колоний *A. niger*. Чашки сфотографированы через шесть суток после посева

В 2015 г. осуществлена селекция штаммов на рост устойчивости к белому фосфору. В 2016 году в результате селекции получен суперустойчивый штамм *Aspergillus niger* AM2. В этом году вышел патент № 2603259 [8]. В 2017 г. нами впервые продемонстрирована генотоксичность белого фосфора. В 2018 г. получен грант Старт 1. Заявка С1-34299. Договор № 2384 ГС1/39113 от 22 03

2018 г. Создание метода обезвреживания техногенных загрязнений белым и желтым фосфором при помощи известных культур микроорганизмов. Создано ООО Интехтокс. Проведены протеомные исследования, оптическая и электронная микроскопия, позволившие установить механизмы адаптации аспергиллов к белому фосфору.

Методом ядерного магнитного резонанса подтверждена биodeградация белого фосфора. Начаты работы по расширению спектра обезвреживаемых соединений, включающего красный фосфор, фосфит, гипофосфит, фосфонаты, которые успешно продолжены. Штаммы *A. niger* AM 1 и AM 2 задепонированы во Всероссийской коллекции микроорганизмов с целью дальнейшего патентования. За период с 2019 г. оптимизирован состав культуральных сред, обнаружена минимальная ингибирующая концентрация белого фосфора для грибов. В 2020 г. построены филогенетические деревья штамма AM 1. В настоящее время готовится работа по полной расшифровке геномов AM 1 и AM 2. Начаты исследования биodeградации нефти и нефтепродуктов нашими культурами грибов.

Литература

1. Миндубаев А.З. Микробы-санитары // Наука и жизнь. – 2020. – № 4. – С. 28-33.
2. Widespread soil bacterium that oxidizes atmospheric methane / A.T. Tveit, A.G.Hestnes, S.L. Robinson [et al.] PNAS. 2019. – Vol. 116. – No. 17. – P. 8515-8524. DOI: 10.1073/pnas.1817812116.
3. Kato N., Yurimoto H., Thauer R.K. The Physiological Role of the Ribulose Monophosphate Pathway in Bacteria and Archaea // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2006. – Vol.70. – No. 1. – P. 10-21. DOI: 10.1271/bbb.70.10.
4. Can M., Armstrong F.A., Ragsdale S.W. Structure, Function and Mechanism of the Nickel Metalloenzymes, CO Dehydrogenase, and Acetyl-CoA Synthase // Chem. Rev. – 2014. – Vol. 114. – No. 8. – P. 4149-4174. DOI: 10.1021/cr400461p.
5. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger* / A.Z. Mindubaev, S.V. Kuznetsova V.G., Evtuyugin [et al.] // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2020. – Vol. 56. – No. 2. – P. 194-201. DOI: 10.1134/S0003683820020118.
6. The possibility of neutralizing white phosphorus using microbial cultures / A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, A.D. Voloshina [et al.] // News of NAS RK. Series of geology and technical sciences. – 2019. – Vol. 5. – No. 437. – P. 122-128. DOI: 10.32014/2019.2518-1491.63.
7. Removal of phosphorus and sulfur from yellow phosphorus off-gas by metal-modified activated carbon / P. Ning, X. Wang, H.-J. Bart [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2011. – Vol. 19. – No. 13. – P. 1547-1552. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.05.001.
8. Способ детоксикации белого фосфора с применением штамма микроорганизмов *Trichoderma asperellum* ВКПМ F-1087 / А.З. Миндубаев, Ф.К. Алимова, А.Д. Волошина [и др.] // Патент на изобретение № 2603259 от

1.11.2016. Бюл. 33. Дата приоритета 28. 07. 2015 г. Регистрационный номер 2015131380 (048333). Решение о выдаче патента от 29. 08. 2016 г.

УДК 579.64
ВЛИЯНИЕ РЯДА НАНОКОМПОЗИТОВ СЕЛЕНА НА ПОЧВЕННЫЕ
МИКРООРГАНИЗМЫ

Ножкина О. А., Перфильева А. И., Кареева М. С., Граскова И. А.
СИФИБР СО РАН
smallolga@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривали влияние наноконпозитов (НК) селена (Se) в природных полисахаридных матрицах арабиногалактана, крахмала и каррагинана на почвенные бактерии *Rhodococcus erythropolis* (*R. qingshengii* VKM Ac-2784D), *Pseudomonas oryzihabitans* и *Acinetobacter quillouiae*. Использование исследуемых наноконпозитов селена в матрицах в первую очередь крахмала и каррагинана в концентрациях, токсичных для фитопатогена *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, вызывающего кольцевую гниль картофеля, не оказывают токсичного действия на жизнедеятельность почвенных бактерий.

Ключевые слова: наноконпозиты, селен, почвенные бактерии.

Почва очень богата различными микроорганизмами. Полезные микроорганизмы обогащают почву кислородом, азотом, также разлагают отмершие растения, тем самым повышают ее свойства плодородия, превращая твердую фазу почвы в гумус. Являясь ризосферными микроорганизмами, они выделяют вещества, стимулирующие рост и развитие растений и защищают от вредителей, а также способны перерабатывать тяжелые металлы и нефтепродукты. [1, 2]. Кроме того, наряду с благотворными свойствами некоторых почвенных обитателей, в почве встречаются и бактериальные возбудители заболеваний растений, животных и человека[3].

Ранее было показано, что наноконпозиты селена (Se) в природных полисахаридных матрицах арабиногалактана (6,4 % содержание Se), крахмала (1,2 % содержание Se) и каррагинана (2 % содержание Se) обладают антибактериальным эффектом по отношению к фитопатогену *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, вызывающему кольцевую гниль картофеля [4]. Кроме того, эти наноконпозиты стимулировали рост и развитие растений картофеля *in vitro*. Для понимания их безопасности по отношению к почвенной микрофлоре было необходимо оценить влияние наноконпозитов на почвенные микроорганизмы *Rhodococcus erythropolis* (*R. qingshengii* VKM Ac-2784D) [9] и *Pseudomonas oryzihabitans* и *Acinetobacter quillouiae*, выделенных и ризосферы растений Иркутской области [5, 6, 10-12].

Применены следующие методы: диффузии в агар, измерение оптической плотности бактериальной суспензии в динамике, а также исследование

интенсивности образования биопленок [7, 8]. В работе рассматривалось влияние НК Se, инкапсулированных в природные полисахаридные матрицы арабиногалактана (Аг), крахмала (Кр), каррагинана (Кар), на жизнеспособность почвенных бактерий. Все исследуемые вещества обладают токсическими свойствами против возбудителя кольцевой гнили картофеля и были взяты в той же концентрации, в которой они влияли на патоген картофеля [4].

При помощи метода диффузии в агар было выявлено бактериостатическое влияние НК на почвенные бактерии. Обнаружено, что максимальная зона ингибирования роста бактерий *Acinetobacter quillouiae* была вокруг лунки с внесенным туда НК Se/Аг. Также наличие зон ингибирования роста бактерий *Pseudomonas oryzae* было выявлено у НК Se/Кар (рис. 1). Влияния исследуемых нанокомпозитов на *Rhodococcus erythropolis* выявлено не было.

Далее было исследовано влияние НК селена на интенсивность прироста бактерий (рис. 2). Полученные данные показывают небольшой ингибирующий эффект у НК Se/Аг на *Pseudomonas oryzae* 24, 28, 48 и 52 часа инкубирования, но затем рост бактерий становится на уровне контроля. Остальные виды НК видимого влияния не оказали (рис 2, А).

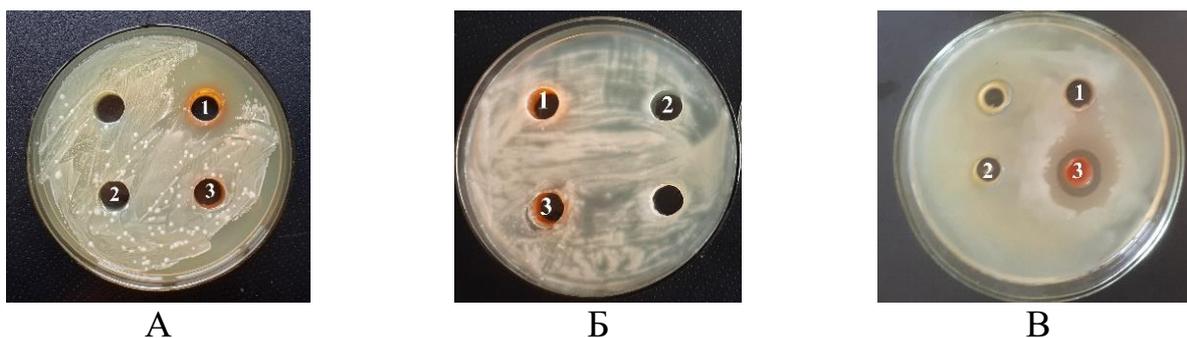


Рисунок 1 – Метод диффузии в агар. А – *Acinetobacter quillouiae*, Б – *Rhodococcus erythropolis*, В – *Pseudomonas oryzae* (1 – НК Se/Аг; 2 – НК Se/Кр; 3 – НК Se/Кар)

Культивирование *Rhodococcus erythropolis* не выявило никаких изменений на протяжении всего времени наблюдения ни у одного из исследуемых видов НК (рис 2, Б). У *Acinetobacter quillouiae* НК Se/Кр по полученным данным никого влияния не оказывал, а НК Se/Кар увеличил плотность бактериальной суспензии после 24 часов инкубирования. Также был отмечен ингибирующий эффект при действии НК Se/Аг (рис 2, В).

Далее исследовали способность бактерий образовывать биопленки, так как устойчивость бактерий в составе многоклеточного сообщества обуславливает их выживаемость при неблагоприятных воздействиях.

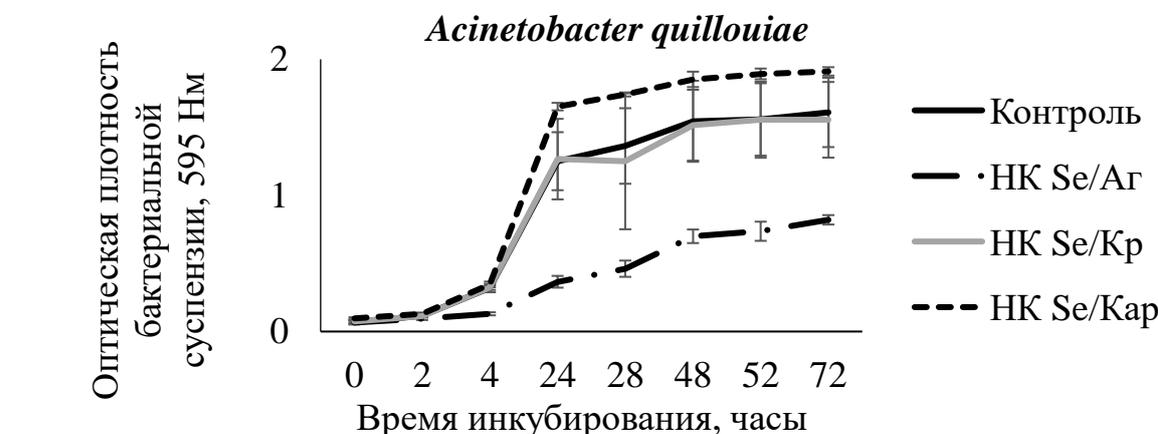
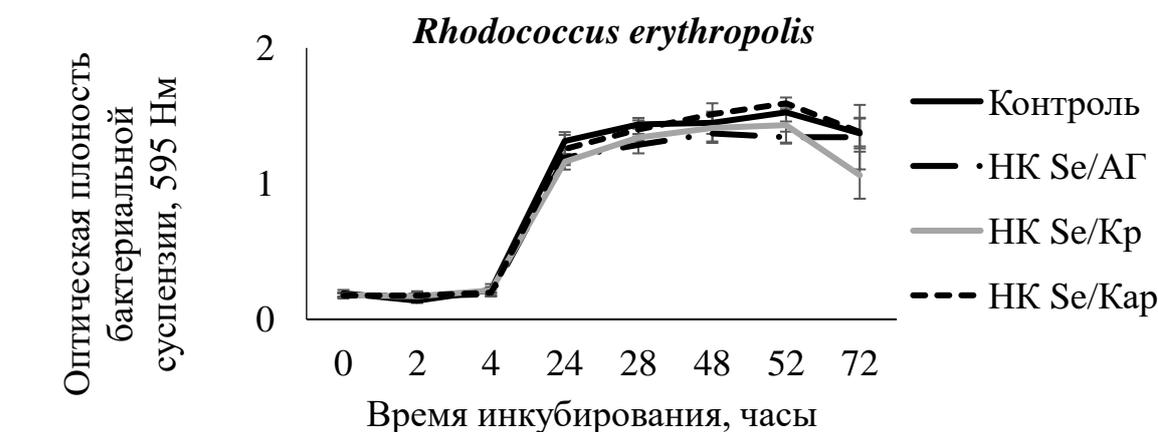
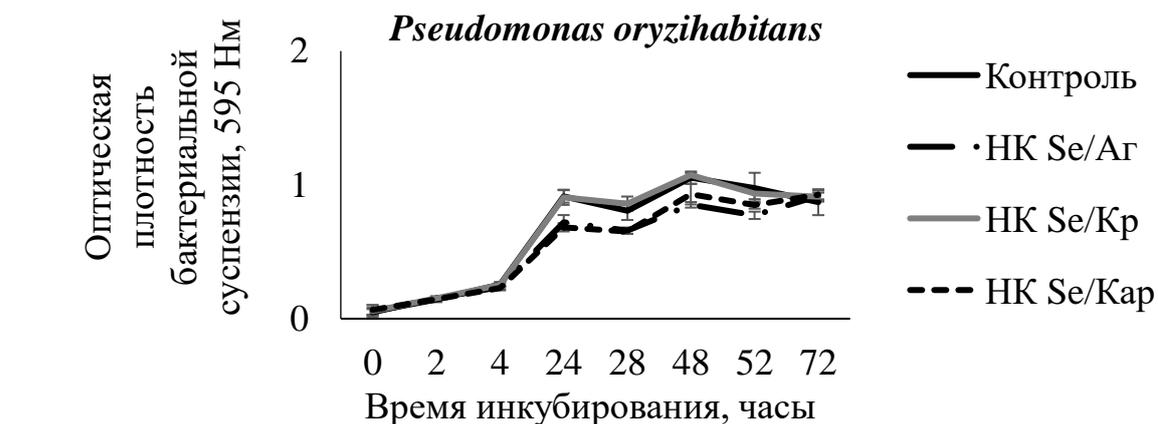


Рисунок 2 – Влияние НК Se на рост бактериальной массы *Pseudomonas oryzae* (А), *Rhodococcus erythropolis* (Б) и *Acinetobacter quillouiae* (В) (Контроль – бактерии исследуемого вида, НК Se/Аг – бактерии, исследуемого вида проинкубированные с НК Se/Аг, НК Se/Кр – бактерии, исследуемого вида проинкубированные с НК Se/Кр, НК Se/Кап – бактерии, исследуемого вида проинкубированные с НК Se/Кап)

Исследования показали, что НК Se/Аг на 30% достоверно снижал биопленкообразование бактерии *A. quillouiae* по сравнению с контролем и не оказывал значимого воздействия на другие исследуемые бактерии. НК Se/Кр снижал образование биопленок у *Acinetobacter quillouiae*, но при этом

стимулировал этот процесс у *Rhodococcus erythropolis*. НК Se/Кар стимулировал образование биопленок бактериями *P. oryzihabitans* и *Rhodococcus erythropolis*.

Таблица – Влияние НК Se на биопленкообразование бактерий (оптическая плотность, 595 Нм)

Вариант Вид бактерий	Контроль	НК Se/Аг	НК Se/Кр	НКSe/Кар
<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	1,22±0,2	1,18±0,1	1,19±0,1	2,32±0,3
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	2,77±0,06	2,41±0,1	3,42±0,03	3,49±0,01
<i>Acinetobacter quillouiae</i>	1,59±0,2	0,84±0,2	0,61±0,1	1,52±0,1

Примечание: Контроль – бактериальная суспензия, не инкубированная ни с чем; НК Se/Аг – бактериальная суспензия с добавлением НК Se/Аг; НК Se/Кр – бактериальная суспензия с добавлением НК Se/Кр; НК Se/Кар – бактериальная суспензия с добавлением НК Se/Кар

Рассматривая все полученные данные, очевидно, что только НК Se/Аг оказывал ингибирующее влияние на рост и биопленкообразование *Acinetobacter quillouiae*. НК Se/Кр влиял на биопленкообразование, увеличивая у *Rhodococcus erythropolis*. НК Se/Кар ингибировал рост *Pseudomonas oryzihabitans*, но при этом положительно влиял на рост и биопленкообразование *Pseudomonas oryzihabitans* и *Rhodococcus erythropolis*. НК Se в матрицах крахмала и каррагинана оказывали умеренное неблагоприятное воздействие на жизнедеятельность исследуемых почвенных микроорганизмов.

Использование исследуемых нанокмозитов селена в матрицах, в первую очередь, крахмала и каррагинана в концентрациях, токсичных для фитопатогена *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, вызывающего кольцевую гниль картофеля, не оказывают токсичного действия на жизнедеятельность почвенных бактерий.

Литература

1. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiol Rev. – 2013. – Sep;37(5):634-63. doi: 10.1111/1574-6976.12028. Epub 2013 Jul 22. PMID: 23790204.
2. Белоголова Г.А., Соколова М.Г., Пройдакова О.А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва-растения // Агрехимия. – 2011. – № 9. – С. 68-76.
3. Почвоведение, 2013, №3, с 335-342, УДК 631.461 DOI: 10.7868/S0032180X1303012X, А.А. Ванькова, П.И. Иванова, В.Т. Емцев «Фильтрующиеся формы почвенных бактерий».
4. Selenium nanocomposites having polysaccharid matrices stimulate growth of potato plants in vitro infected with ring rot pathogen / A.I. Perfilova, O.A. Nozhkina,

- I.A. Graskova [et al.] // Doklady Biological Sciences. – 2019. – V. 489 – P. 184-188. doi: 10.1134/S0012496619060073.
5. Опасности и риски нанотехнологий и наноматериалов // Медицинские новости. – 2013. – №4 (223). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opasnosti-i-riski-nanotehnologiy-i-nanomaterialov> (дата обращения: 27.11.2021).
6. Antiviral Activity of Carrageenans and Processing Implications / M. Álvarez-Viñas S. Souto N. Flórez-Fernández [et al.] // Mar Drugs. – 2021 Jul 30; 19(8): 437. doi: 10.3390/md19080437. PMID: 34436276; PMCID: PMC8400836.
7. Романова Ю.М. Бактериальные биопленки как естественная форма существования бактерий в окружающей среде и в организме хозяина / Ю.М. Романова, А.Л. Гинцбург // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2011. – № 3. – С. 99-109.
8. Exopolysaccharides producing rhizobacteria and their role in plant growth and drought tolerance / H. Naseem, M. Ahsan, M. Shahid, N. Khan // J Basic Microbiol. – 2018. – Dec; 58(12): 1009-1022. doi: 10.1002/jobm.201800309. Epub 2018 Sep 5. PMID: 30183106.
9. Патент № 2735432 С1 Российская Федерация, МПК С12N 1/20, А01N 63/00, С12R 1/38. Штамм бактерий *Pseudomonas oryzihabitans* – стимулятор роста растений в засушливых агроэкологических условиях: № 2019139856: заявл. 06.12.2019: опубл. 02.11.2020 / А. А. Белимов, В. И. Сафронова, А. А. Нижников, К. С. Антонец; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии".
10. Жуков Д. В. Кинетические закономерности биодеградации алифатических углеводов бактериями *Rhodococcus ruber* и *Rhodococcus erythropolis* / Д. В. Жуков, В. П. Мурыгина, С. В. Калужный // Прикладная биохимия и микробиология. – 2007. – Т. 43. – № 6. – С. 657-663.
11. Brady M.F., Jamal Z., Pervin N. *Acinetobacter*. 2021 Aug 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan–. PMID: 28613535.
12. Decker C.F., Simon G.L., Keiser J.F. *Flavimonas oryzihabitans* (*Pseudomonas oryzihabitans*; CDC group Ve-2) bacteremia in the immunocompromised host. Arch Intern Med. 1991 Mar; 151(3):603-4. PMID: 2001143.

УДК 632.937.14
ПЛОДОРДИЕ ПОЧВ И АКТИНОМИЦЕТЫ САКСАУЛЬНОГО ЛЕСА
МОНГОЛИИ

Норовсурэн Ж^{1.}, Басхуу Ж^{2.}, Алтансух Б^{3.}, Доржсурэн Ч.³

¹Лаборатория микробиологии Биологического института АН Монголии
norvo@mail.ru

²Монгольский национальный педагогический университет
baskhuujargal@gmail.com

³Институт Ботанического сада АН Монголии
altansukh1124@gmail.com
Монголия

Аннотация. В исследованной пустынной почве саксаульного леса по полученным нами данным на разных селективных средах численность актиномицетов составляла 10^3 КОЕ/г почвы. Выделенные штаммы подавляют рост следующих микроорганизмов: *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae* и *Aspergillus niger*.

Ключевые слова: актиномицеты, пустынная почва, саксаульный лес Монголии.

Пустынная зона в Монголии занимает треть территории страны. Она охватывает регионы Джунгарской Гоби (впадина Барун - Хурай), Котловину Больших озер, Долину Озер, Заалтайскую, Алашаньскую и Восточную Гоби, а также южные окраины Центральноегобийского пенепплена. Природная специфика Гоби, представляющей собой орографически сложноустроенную территорию внутренней области Центральной Азии, определяет своеобразие и сложность структуры экосистем, находящихся в тесной связи с климатическими и геолого – геоморфологическими условиями [1].

Эта взаимообусловленность проявляется в резком нарастании аридности климата с изменением широты местности, проявлении вертикальной поясности в горах, инверсионными эффектами (котловинный эффект, меридиональное направление широтных подзон на востоке по мере нарастания влияния муссонного влагопереноса и др.). В связи с обширностью пустынной зоны, как с севера на юг, так и с запада на восток, в Гобийских пустынях выявляется широтный спектр сменяющих друг друга подзональных типов пустынных экосистем [1].

Своеобразие биогеоценозов в зоне пустынных степей Монголии столь велико, что можно предположить значительное микробное разнообразие, присущее пустынным почвам.

Микробиологические исследования почв в Монголии были начаты в 70-х гг [2, 3].

Актиномицеты являются одной из наиболее широко распространенных в природе групп микроорганизмов. Они в изобилии встречаются во всех почвах, как в возделываемых, так и в целинных, в плодородных и неплодородных.

Актиномицеты играют важную роль в переработке органических веществ, производстве новых фармацевтических препаратов, пищевых материалов, косметики, ферментов, противоопухолевых препаратов, ингибиторов ферментов, иммуномодуляторов и витаминов. *Streptomyces* особенно плодовиты и могут производят большое количество антибиотиков (около 80% общего производства антибиотиков).

Поскольку существует географическая неоднородность типов почв Монголии, вполне вероятно, что распределение численности и разнообразия актиномицетов, продуцирующих антибиотики, также неодинаково.

Поэтому изучение состава актиномицетов неисследованных ранее почв экосистем Монголии необходимо для получения новых антибактериальных и антигрибных метаболитов.

Целью настоящей работы являлось определение плодородия почв и выявление актиномицетов-антагонистов саксаульного леса (*Haloxylon ammodendron*).

В работе использовали образцы пустынных почв саксаульного леса (*Haloxylon* spp) Баян – Ундурского сомона Баянхонгорского аймака. Образцы отбирали из верхнего горизонта почв (5-15 см). Для наиболее полного выделения актиномицетов из почв был использован комбинированный метод посева на селективных средах НВА и с пропионатом натрия [4, 5]. Инкубация посевов длилась 28 дней при 28 °С. Для выделения актиномицетов в чистую культуру и дальнейшего культивирования обычно использовали овсянный агар, среды Гаузе 1, Гаузе 2 и ISP 2 [6, 7]. Идентификацию выделенных штаммов проводили, используя морфологические показатели, а также хемотаксономические признаки – присутствие в гидролизатах целых клеток LL- или мезо- ДАПК (диаминопимелиновые кислоты) [6, 8, 9].

В качестве тест-организмов использовали *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae* и *Aspergillus niger*. Антагонические свойства определяли методом агаровых блоков, измеряя диаметр зоны угнетения роста тест-организмов [10]. Плодородие почв определяли по методике [11, 12].

Монгольским Гобийском пустыням по почвам, почвенно-растительным комплексам и по исследованию актиномицетов (в том числе редких родов) посвящена большая научная литература [2, 3, 13-15].

В наших опытах после предварительной обработки сухим жаром перед посевом при 120°С в течение 1 часа почвенного образца из пустынной почвы саксаульного леса выделили актиномицеты, принадлежащие к роду *Actinomadura* [16].

Доминантным растением в этой пустыне является *Haloxylon* spp. – кустарник или небольшое деревце высотой 1,5-12 м, с раздвоенными ветвями, членистыми и ломкими молодыми побегами. Листья имеют вид различных мелких бесцветных чешуек или бугорков (только зеленые веточки осуществляют фотосинтез). Цветки обоеполые, сидят по 4 в полостях чешуйчатых прицветников. Корневая система *Haloxylon* spp. уходит в землю иногда на 10-11 м. *Haloxylon* spp. размножается семенами и отростками. В

отличие от других *Chenopodiaceae*, весеннее развитие *Haloxylon* spp. обычно начинается с регенерации репродуктивных побегов. Саксауловые леса используются на корм для скота, дрова и лекарственные нужды [17].

Агрохимический состав почвы саксаульного леса следующий: pH_{H_2O} – 7,69 слабо щелочные, содержание карбонатов – 13,09%; гумуса – 0,735%; засоленные; подвижного фосфора – 0,39 мг/100 г, калия – 38,8 мг/100 г. Механический состав легкоглинистый.

В исследованной почве по полученным нами данным на селективной среде с пропионатом натрия численность актиномицетов $3,9 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы и на селективной среде гумус витаминный агар – НВА $2,1 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы (рис 1).

В настоящее время установлено, что значительная часть всех актиномицетов, которые могут быть выделены из почв или других природных субстратов, обладают способностью ингибировать рост бактерии и других микроорганизмов.

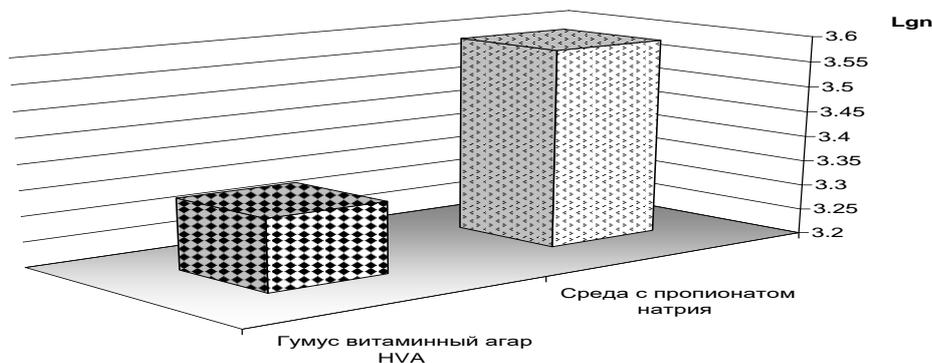


Рисунок 1 – Численность актиномицетов на разных селективных средах в пустынной почве саксаульного леса (Lgn)

В ходе нашей работы были выделены 45 культур актиномицетов. В составе рода *Streptomyces* присутствовали представители секции *Cinereus* серии *Achromogenes*, секции *Roseus* серии *Lavendulae* – *Roseus* и *Imperfectus*.

Антибиотическую активность актиномицетов оценивали в отношении 5 тестируемых микроорганизмов. Антагонистические свойства определили у 14 штаммов, которые подавляют рост следующих микроорганизмов: 3 штамма против *Staphylococcus aureus* (7-9 мм), 7 штаммов против *Saccharomyces cerevisiae* (7-15 мм) и 3 штамма против *Aspergillus niger* (9-13 мм). Не отмечено антагонистического действия в отношениях *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli*.

Выраженное антагонистическое действие в отношении бактерий, дрожжей и аспергиллов позволяет рассматривать выделенные нами штаммы стрептомицетов как перспективные продуценты биоактивных соединений, которые могут иметь практическое значение в разработке бактерицидных и фунгицидных препаратов для защиты сельскохозяйственных растений.

Литература

1. Экосистемы Монголии. М. Наука. 1995. – С. 206.
2. Скалон И.С. Азотфиксирующие микроорганизмы и биологическая активность почв степных и пустынных сообществ в связи с изучением биологической продуктивности растений // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л. Наука. 1971. – С. 176-181.
3. Биология 50. УБ. Тэрхчандмань ХХК. 2015. – С. 176-186.
4. Hayakawa M., Nonomura H. NV agar, a new selective medium for isolation of soil actinomycetes // Abstracts of papers presented at the annual meeting of the Actinomycetologists. Osaka. Japan. 1984. – P.6.
5. Зенова Г.М. Почвенные актиномицеты редких родов М. Изд-во МГУ. – 2000. – 81 с.
6. Определитель актиномицетов / Г.Ф. Гаузе, Т.П. Преображенская, М.А. Свешникова [и др.]. – Москва.: Наука, 1983. – 245 с.
7. Shirling, E. B., Gottlieb, D. Methods for characterization of *Streptomyces* species. International Journal of Systematic Bacteriology. – 1966. – Vol. 16. – No. 3. – P. 313-340. doi: 10.1099/00207713-16-3-313.
8. Определитель бактерий Берджи Под ред. Дж. Хоулта, М. Крига, П. Смита [и др.]. М.: Мир, 1997. – 799 с.
9. Hasegawa T., Takizawa M., Tanida S. A rapid analysis for chemical grouping of aerobic actinomycetes. // J. Gen. Appl. Microbiol. 1983. – Vol. 29. – P. 319-322.
10. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2004. – 526 с.
11. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Изд-во МГУ, 1970. – С. 130-139.
12. Баатар Д. Метод определения агрохимического, химического и водно-физического свойств почв. УБ. Жинст харгана. 2003. – 214 с.
13. Норовсурэн Ж. Закономерности географического распространения актиномицетов в почвах Монголии. Монограф // М.: Изд-во: РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. 2009. – 170 с.
14. Molecular and biological characteristics of streptomyces diversity in the soils of the Saxaul forest in Mongolia / J. Norovsuren, Liu Shao-Wei., Sun Cheng-Hang. [et al.] // Agricultural Science Euro-North-East. 2021. – 22(1) – P. 85-92. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.85-92>.
15. . Антагонизм актиномицетов и активность микробиологических процессов в почвах Монголии / Ж. Басхуу, Т. Оюунболор, Ж. Норовсурэн, Ц. Хонгорзул // Сборник статей. Том 1. Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова. Москва. РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2021. – С 442-444.
16. Норовсурэн Ж., Костина Н.В. Редкий род актиномицетов *Actinomadura* sp. в почвах саксаульного леса (*Haloxylon ammodendron*) Монголии. Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 292. Часть IV. Москва. Изд-во РГАУ – МСХА. – 2020. – С. 78-80.

17. Khaulenbek A., Ihanbai Kh., Batkhuu N. Saxaul forest in Mongolia Ecosystem, resources, values. Ulaanbaatar. 2018.

УДК 632.937.14

ШТАММ *STREPTOMYCES* SP. ПРОТИВ ГРИБНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ

Норовсурэн Ж¹., Разина А.А.²

¹Лаборатория микробиологии Биологического института АН Монголии
norvo@mail.ru

Монголия

²ФГБНУ Иркутский НИИСХ
gnu_iniiish_nauka@mail.ru

Аннотация. Выделен штамм стрептомицета *Streptomyces* sp. 4 из почвы Монголии, подавляющий рост тест-культур фитопатогенных грибов *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum lagenarium*, *Rhizoctonia solani*, *Verticillium lecanii*, *Verticillium nigrescens* и *Verticillium longisporum*. *Streptomyces* sp. 4 является перспективным для дальнейшего изучения и создания на его основе новых биопрепаратов для подавления фитопатогенных грибов.

Ключевые слова: стрептомицет, фитопатогенные грибы.

Почва выполняет различные функции, одна из которых непосредственно связана с земледельческой функцией человека – почва – среда для производства биомассы. Человеческая деятельность ведет к угрозе деградации почвы, последствием которой может быть падение производства пищи и других источников существования жизни людей [1].

Различные системы обработки почвы и севообороты, органические удобрения влияют на здоровье почвы и тем самым влияют на устойчивость агроэкосистем и устойчивое развития сельского хозяйства [2, 3].

Многолетнее интенсивное возделывание сельскохозяйственных культур бесменно или в севообороте, независимо от агротехнических приемов, нарушает устойчивость почвенного микробиоценоза, что приводит к уменьшению метаболической активности микробных сообществ [4].

Почва агроценозов служит многолетним резервуаром покоящихся структур фитопатогенов, фитофагов, семян сорных растений, обуславливая сезонную и многолетнюю динамику их численности [5]. Среди фитопатогенов широко известны *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum lagenarium*, *Rhizoctonia solani*, *Verticillium lecanii*, *Verticillium nigrescens* и *Verticillium longisporum*, причиняющие серьезный экономический ущерб сельскохозяйственному производству.

Современные методы ведения сельского хозяйства позволили значительно увеличить урожайность, в том числе, и за счет химической борьбы с вредными организмами. Но это привело к нанесению серьезного вреда

здоровью людей, к целому ряду экологических проблем, таких как загрязнение грунтовых вод, почвы, обеднению биоразнообразия [6, 7].

В настоящее время перспективным является микробиологический контроль грибковых патогенов сельскохозяйственных культур.

В связи с этим целью работы является определения антагонистической активности штамма стрептомицета в отношении экономически значимых фитопатогенных грибов – возбудителей опасных заболеваний растений и определение перспектив создания на их основе новых препаратов для защиты растений от болезней.

В работе использовали почвенный образец аллювиальной дерновой почвы (Fluvisols), отобранной в районе реки Гачуурта, для выделения и дифференцированного учёта актиномицетов применяли традиционный метод поверхностного посева на среду казеин-глицериновой агар [8]. Учет актиномицетов проводили методом посева из разведений суспензий на плотной питательной среде. Инкубация посевов длилась 7 дней при температуре 28⁰С.

Для выделения актиномицетов в чистую культуру и дальнейшего культивирования обычно использовали овсянный агар, среды Гаузе 1, Гаузе 2 и ISP 2 [9, 10].

Идентификацию выделенных штаммов актиномицетов проводили, используя морфологические показатели, а также хемотаксономические признаки – присутствие в гидролизатах целых клеток LL- или мезо- ДАПК (диаминопимелиновые кислоты) [11, 12-14].

Набор тест-культур включал грибы из «Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей» Центра коллективного пользования научным оборудованием «Инновационные технологии защиты растений» ФГБНУ ВИЗР" г. Санкт-Петербург. В состав тест-культур входили фитопатогенные грибы *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum lagenarium* (Pass.), *Fusarium graminearum* Schwabe, *F. culmorum* Sacc., *F. solani*, *F. oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Verticillium lecanii*, *V. nigrescens* и *V. longisporum*.

Антагонистическую активность образцов определяли стандартным микробиологическим методом наложения петли по диаметру зоны лизиса тест-культур фитопатогенных микроорганизмов [15]. Чашки помещали в термостат и инкубировали при температуре 28⁰С. Зоны лизиса измеряли через 3-5 суток после посева.

По полученным нами данным на среде казеин глицериновом агаре численность актиномицетов составляла 4,0·10⁵ КОЕ/г почвы.

Анализ полученных результатов показывает, что изучаемый штамм *Streptomyces* sp. шт № 4 обладает в той или иной степени антагонистической активностью против фитопатогенных грибов.

Выделенный нами штамм *Streptomyces* sp. шт № 4 подавляет рост ряда тест-культур фитопатогенных грибов. Диаметр зоны отсутствия роста (мм) за 5 суток следующий: *Botrytis cinerea* – 5,0·4,0; *Colletotrichum lagenarium* – 11,0·15,0; *Rhizoctonia solani* – 12,0·12,5; *Verticillium lecanii* – 16,0·14,0; *Verticillium nigrescens* – 16,0·14,0 и *Verticillium longisporum* – 11,0·12,0 мм.

Не отмечено антагонистическое действие в отношении грибов р. *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* и *F. solani*.

Работа выполнена при поддержке гранта АНМонголии 2018/10.

Благодарность: Выражаем глубокую благодарность к.б.н. (Ph.D) И.В. Бойковой за её советы и участие в наших исследованиях.

Литература

1. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 432 с.
2. Congreves K.A., Hayes A., Verhallen E.A., Van Eerd L.L. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agroecosystems// *Soil & Tillage Research*. – 2015. – № 152. – P. 17-28.
3. Rui Tao, Yongchao Liang, Steven A. Wakelin, Guixin Chu. Supplementing chemical fertilizer with an organic component increases soil biological function and quality // *Applied Soil Ecologi*. – 2015. – № 96. – P. 42-51.
4. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы в длительном опыте с различными агротехническими приемами / Н.П. Ковалевская, Н.Е. Завьялова, Д.Ю. Шаравин, Д.С. Фомин // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2019. – № 3. – С. 38-41.
5. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Чулкина В.А. Эпифитотология. – Новосибирск, 2011. – 711 с.
6. L. Burketova, L. Trda, P.G. Ott, O. Valentova, Bio-based resistance inducers for sustainable plant protection against pathogens. *Biotechnology Advances*. – 2015. – J. 33. – С. 994.
7. Ghorbanpour M., Omidvari P. Abbaszadeh-Dahaji, R. Omidvar, K. Kariman, *Biological Control*. J. 117, – 147 (2018).
8. Зенова Г.М. Почвенные актиномицеты редких родов. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 81 с.
9. Определитель актиномицетов // Г.Ф. Гаузе, Т.П. Преображенская, М.А. Свешникова [и др.] / Москва: Наука, 1983. – 245 с.
10. Shirling E. B., Gottlieb D. Methods for characterization of *Streptomyces* species // *International Journal of Systematic Bacteriology*. – 1966. – Vol. 16. – No. 3 – P. 313-340. doi: 10.1099/00207713-16-3-313.
11. Определитель бактерий Берджи Под ред. Дж. Хоулта, М. Крига, П. Смита [и др.]. М.: Мир, 1997. – 799 с.
12. Schaal K.P. Identification of clinically significant actinomycetes and related bacteria using chemical techniques. – Germany, 1987.
13. Staneck J.L. and Roberts G.P. Simplified approach to identification of aerobic actinomycetes by thin-layer chromatography // *Appl. Microbiol*. – 1974. – Vol. 28. – P. 226-231.
14. Hasegawa T., Takizawa M., Tanida S. A rapid analysis for chemical grouping of aerobic actinomycetes // *J. Gen. Appl. Microbiol*. – 1983. – V. 29. – P. 319-322.
15. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках: Учебник. –М.: Изд-во МГУ, 2004. – 526 с.

УДК 574.2:57.047

ОТВЕТНЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ДЕЙСТВИЕ НАСЕКОМЫХ-ГАЛЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Огородникова С.Ю.¹, Пестов С.В.^{1,2}, Софронов А.П.³

¹*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
svetao_05@mail.ru*

²*Вятский государственный университет
atylotus@mail.ru*

³*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н.В. Рудницкого
plod-niish@yandex.ru*

Аннотация. Представлены данные о влиянии галлообразующих клещей на содержание фотосинтетических пигментов и интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в листьях древесных растений. Показано, что в листьях заселенных клещами снижение уровня пигментов коррелирует с активацией процессов ПОЛ. Интенсивность ответных реакций растений на действие филлофагов определяется физиолого-биохимическими и анатомо-морфологическими особенностями разных видов деревьев. Наиболее чувствительны к действию галловых клещей липа и черемуха, растения яблони и осины отличаются повышенной устойчивостью к филлофагам.

Ключевые слова: древесные растения, галловые клещи, пигменты, перекисное окисление липидов.

Галловые клещи (Eriophyidae) – специализированная группа фитофагов, которые развиваются внутри тканей растений. Галлообразователи являются облигатными фитофагами, в основном поражают листья растений. Характерные особенности филлофагов – очень тесная связь с кормовым растением и защищённость клеща от хищников и неблагоприятных абиотических факторов. Заселение листьев членистоногими приводит к появлению пятен и выростов (галлов), деформации листьев, все это негативно отражается на декоративных характеристиках растений [1]. А в случае массового поражения листьев может снижаться урожайность садовых культур [2]. Галлообразующие эриофиоидные клещи и их растения-хозяева образуют стабильные симбиотические системы с тонко отрегулированными механизмами взаимного влияния [1]. Галлообразователи повреждают ассимиляционные ткани, индуцируют биохимические изменения в клетках, что отражается на процессах роста и развития растений [3, 4].

Работа посвящена обобщению данных по ответным биохимическим реакциям листьев древесных растений на поражение галлообразующими клещами.

Исследования проводили на территории парков г. Кирова и на базе экспериментального сада ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Листья деревьев

отбирали во второй декаде июля. Предварительно идентифицировали виды насекомых-вредителей.

Для определения уровня фотосинтетических пигментов пробы листьев фиксировали кипящим ацетоном. Содержание хлорофиллов а и б в ацетоновом экстракте определяли при длинах волн 662 и 644 нм соответственно [5]. Количество каротиноидов оценивали путем регистрации оптической плотности при длине волны 470 нм [6]. Интенсивность окислительных процессов в клетках оценивали по накоплению одного из продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) – малонового диальдегида (МДА). Уровень МДА определяли спектрофотометрически по образованию окрашенного комплекса с тиобарбитуровой кислотой [7].

На изученной территории все выявленные виды галлообразующих клещей представлены монофагами. Повреждения листьев на липе (*Eriophyes leiosoma* (Nalepa, 1892)), осине (*Aceria varia* (Nalepa, 1892)), рябине (*Eriophyes sorbi* (Canestrini, 1890)) и вязе (*Eriophyes ulmicola* (Nalepa, 1892)) представляют беловатые или желтоватые войлочные, как правило, на нижней стороне листа. Клещи *Eriophyes tiliae* (Pagenstecher, 1857) на липе и *Eriophyes padi* (Nalepa, 1889) на черёмухе образуют вытянутые (рожковидные) галлы на верхней стороне листа, на яблоне *Eriophyes mali* (Nalepa, 1926) образует «бляшковидные» наросты.

Заселение листьев насекомыми – филофагами приводит к биохимическим изменениям в растительных клетках, которые, как правило, носят неспецифический характер. Известно, что стресс-факторы индуцируют активацию окислительных процессов, в результате в клетках накапливаются активные формы кислорода (АФК), которые выполняют сигнальную функцию и участвуют в процессах окисления биологических молекул [8, 9]. Действие АФК на полиненасыщенные жирные кислоты в мембранах вызывает перекисное окисление мембран, приводит к повреждению мембран.

Заселение листьев фитофагами приводит к снижению уровня фотосинтетических пигментов. Наиболее чувствительными к поражению галловыми клещами были листья липы (*Tilia cordata* Mill.) и черёмухи (*Prunus radus* L.). Содержание хлорофиллов в листьях, поврежденных галлами, было меньше по сравнению со здоровыми листьями на 20-30%. Каротиноиды отличались повышенной устойчивостью к фитофагам [10, 11]. Известно, что насекомые-галлообразователи оказывают влияние на процессы биосинтеза хлорофиллов [12]. В заселенных филофагами листьях наряду со снижением уровня зеленых пигментов происходила значительная активация процессов ПОЛ. В поврежденных членистоногими листьях черёмухи и липы содержание МДА было соответственно в 1,6 и 2,0 раза выше, по сравнению со здоровыми листьями. Высокий уровень МДА свидетельствует о том, что заселение листьев галлообразователями вызывает активацию окислительных процессов в клетке и может приводить к окислительной деградации молекул белков, нуклеиновых кислот, пигментов и др.

При поражении клещами листьев вяза (*Ulmus laevis* Pall.) и рябины (*Sorbus aucuparia* L.) изменения в пигментном фонде происходили в меньшей

степени [11]. В листьях с галлами уровень хлорофиллов и каротиноидов был снижен на 12-16%, по сравнению с листьями без повреждений. Накопление продукта ПОЛ – МДА в листьях вяза и рябины, заселённых филлофагами, было выше на 10%, по сравнению со здоровыми листьями.

Галловые клещи не оказывали негативного влияния на пигментный комплекс листьев осины (*Populus tremula* L.) и яблони (*Malus domestica* Borkh.) [11, 13]. Содержание хлорофиллов в листьях осины не изменялось при заселении клещом. В листьях яблони с галлами уровень хлорофиллов был выше на 10% по сравнению с неповрежденными листьями. Отмечали повышенный уровень каротиноидов в листьях поврежденных филлофагами. По-видимому, накопление каротиноидов в листьях направлено на адаптацию к действию галловых клещей. Интенсивность окислительных процессов, которую оценивали по накоплению МДА, не изменялась при заселении листьев яблони галловыми клещами.

Таким образом, показано, что насекомые-галлообразователи вызывают неспецифические биохимические реакции в листьях древесных растений. Фитофаги оказывали влияние на интенсивность окислительных процессов в клетках и содержание пластидных пигментов. Интенсивность ответных реакций растений на действие филлофагов определяется физиолого-биохимическими и анатомо-морфологическими особенностями разных видов деревьев. Наибольшей чувствительностью к действию галловых клещей отличаются липа и черемуха, в пораженных листьях отмечали значительное снижение содержания фотосинтетических пигментов и накопление продуктов ПОЛ. Повышенной устойчивостью к действию галлообразующих клещей характеризуются растения яблони и осины. Снижение уровня хлорофиллов и каротиноидов в поврежденных филлофагами листьях может быть следствием активации процессов окислительной дегградации липидов хлоропластов, молекул пигментов и угнетения процессов биосинтеза пигментов.

Литература

1. Галлогенез, индуцируемый четырехногими клещами (Acariformes: Eriophyoidea) / Ф.Е. Четвериков, А.Э. Вишняков, И.Е. Додуева [и др.] // Паразитология. – 2015. – Т. 49. – № 5. С. 365-375.
2. Галловый клещ *eriphyes mali* nal. (acar: eriophyoidea) в яблоневых садах Центральной зоны Краснодарского края / А.Ю. Собина, А.С. Абдрахманова, Н.Д. Петрова [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. –Т. 55. – С. 284-287.
3. Dias G.G., Moreira G.R.P., Ferreira B.G., Isaias R.M.S. Why do the galls induced by *Calophya duvauae* Scott on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae) change colors? // Biochemical Systematic and Ecology. – 2013. – Vol. 48. – P. 111-122. – DOI: 10.1016/j.bse.2012.12.013.
4. Sytykiewicz The effect of galling aphids feeding on photosynthesis photochemistry of elm trees (*Ulmus* sp.) / K. Kmiec, K. Rubinowska, W. Michalek, H. // Photosynthetica. – 2018. – Vol. 56. – № 4. – P. 989-997. DOI: 10.1007/s11099-018-0813-9

5. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes // *Methods in Enzymology*. – 1987. – Vol 148. – P. 350-382.
6. Маслова Т.Г., Попова И.А., Попова О.Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // *Физиология растений*, 1986. – Т. 39. – № 6. – С. 615-619.
7. Лукаткин А.С., Голованова В.С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // *Физиология растений*. – 1988. – Т. 35. – № 4. – С. 773-780.
8. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction // *Annual Review of Plant Biology*. – 2004. – Vol. 55. – P. 373-399.
9. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.
10. Пестов С.В., Тычинкина И.Г., Огородникова С.Ю. Влияние галловых клещей на состояние ассимиляционного аппарата липы сердцевидной // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2018. – № 44. – С. 188-201.
11. Pestov S.V., Ogorodnikova S.Yu. Status of the Photosynthetic Apparatus of Woody Plants Damaged by Gall Mites // *Biology Bulletin*. – 2020. – Vol. 47. – № 10. – P. 1392-1397.
12. Herbivorous insects alter the chlorophyll metabolism of galls on host plants / M.-Y. Huang, W.-D. Huang, H.-M. Chou [et al.] // *J. of Asia-Pacific Entomology*. 2014 b. – Vol. 17. – № 3. – P. 431-434. DOI: 10.1016/j.aspen.2014.04.004
13. Влияние фитофагов и фитопатогенов на биохимический статус листьев плодово-ягодных культур / С.В. Пестов, А.П. Софронов, А.С. Шутова [и др.] // *Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 25 ноября 2021 г.* – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 307-313.

УДК 582.2/.3
ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
АЛЬГОЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОРНЫХ
ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ УРАЛА

Патова Е.Н., Новаковская И.В., Сивков М.Д.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
patova@ib.komisc.ru, novakovskaya@ib.komisc.ru

Аннотация. Обобщены сведения о таксономическом разнообразии водорослей и цианобактерий северных регионов Урала. Выявлено 248 таксонов почвенных водорослей из пяти отделов. Ведущими по разнообразию видов являются отделы: Cyanobacteria – 92, Chlorophyta – 88, Bacillariophyta – 49. Обнаружено 11 новых видов водорослей для северо-востока европейской части России. Для региона исследований выявлено 37 видов diaзотрофных цианобактерий, среди которых ведущую роль в сложении альгоцианобактериальных комплексов играют представители родов *Nostoc*, *Stigonema* и *Scytonema*. Сезонные значения азотфиксации для исследованных биологических корок находятся в диапазоне 1,10 – 4,10 г C₂H₄ м⁻² (за вегетационный сезон).

Ключевые слова: водоросли, цианобактерии, азотфиксация, горные тундры, Урал.

Водоросли и цианобактерии являются важным компонентом почвенной биоты. Они участвуют в защите почвы от водной и ветровой эрозии, регуляции водного обмена, накоплении органического вещества, а также в круговороте элементов, что определяет их важное экологическое значение в освоении оголенных субстратов. Эти организмы одними из первых поселяются на поверхности голого субстрата и участвуют в формировании биологических почвенных корочек (БПК). В горных экосистемах, на почвах с нарушенным почвенно-растительным покровом, формирование БПК происходит в условиях короткого периода вегетации, повышенной солнечной инсоляции, резких колебаний влажности и температуры [1, 2], что определяет специфику альгоцианобактериальных комплексов северных регионов Урала. Наиболее исследована в этом отношении альгофлора Приполярного Урала – самая высокая часть Уральской горной страны (максимальная высота 1894 м над ур. моря – г. Народа), расположенная на территории Национального парка «Югыд ва» [3-7].

Цель работы – обобщение сведений о видовом разнообразии и функциональной роли почвенных водорослей и цианобактерий горных экосистем северных регионов Урала.

Изучение видового разнообразия и структуры сообществ почвенных водорослей проведено в 2005-2021 гг. на территории Республики Коми и Ямало-Ненецкого автономного округа. Сбор и обработка почвенно-альгологических проб выполнены общепринятыми методами с использованием

накопительных культур и монокультур [8], а также для ряда видов проведен молекулярно-генетический анализ.

Всего на исследованной территории выявлено 248 таксонов (рангом ниже рода) почвенных водорослей из 5 отделов, 10 классов, 27 порядков, 66 семейства, 114 родов. Большинство выявленных видов относится к отделам Cyanobacteria – 92, Chlorophyta – 88, Bacillariophyta – 49, также обнаружены представители Charophyta – 11, Ochrophyta – 8. Видовое богатство цианобактерий и водорослей наземных местообитаний для северных регионов Урала составляет 33% от общего видового разнообразия почвенных водорослей (около 730 таксонов) северо-востока европейской части России, 21% – России (около 1200) и около 7% от мировой флоры почвенных водорослей (около 3500 таксонов). Обнаружено 11 новых видов водорослей для почв северо-востока европейской части России: *Aphanothece pallida*, *Coccomyxa viridis*, *Coelastrella multistriata*, *Dasygloea cf. lamyi*, *Desmotetra stigmatica*, *Gloeocapsa violacea*, *Hormidiopsis crenulata*, *Porphyrosiphon fuscus*, *Tetracystis cf. vinatzeri*, *Tolypothrix fasciculata*, *Schizochlamydeella minutissima*.

Одной из важных функциональных групп в БПК горных экосистем северных регионов Урала являются азотфиксирующие цианобактерии, обеспечивающие азотом лимитированные по этому элементу горные почвы. Всего для региона исследований выявлено 37 видов diaзотрофных цианобактерий. Ведущую роль в сложении БПК играют представители родов *Nostoc* (*N. commune*, *N. punctiforme*), *Stigonema* (*S. minutum*, *S. ocellatum*) и *Scytonema* (*S. ocellatum*, *S. hofmannii*). Сезонные значения азотфиксации находятся в диапазоне от 1,10 г C₂H₄ м⁻² 120 дней (за вегетационный сезон) для корочек с доминированием видов рода *Stigonema* до 4,10 г C₂H₄ м⁻² за 120 дней для БПК с доминированием родов *Scytonema* и *Nostoc*. С учетом конверсионного коэффициента 3:1 в пересчете на азот азотфиксирующая активность двух разных типов корочек составляет около 0,3 и 1,3 г N м⁻² за 120 дней соответственно [9].

В результате инвентаризации почвенной альгофлоры северных регионов Урала пополнена база данных для северо-востока европейской России [6]. Часть видов выделена в чистую культуру и поддерживается в коллекции живых культур водорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKOA) (<https://ib.komisc.ru/sykoa>), для ряда видов получены молекулярно-генетические характеристики [5, 10, 11].

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №22-24-00673.

Литература

1. Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера (на примере Большеземельской тундры). – Л., 1985. – 165 с.
2. Karsten U., Holzinger A. Green algae in alpine biological soil crust communities: acclimation strategies against ultraviolet radiation and dehydration // Biodiversity and Conservation. – 2014. – № 23. – P. 1845-1858.

3. Новаковская И.В., Патова Е.Н., Шабалина Ю.Н. Почвенные водоросли горно-тундровых сообществ Приполярного Урала (национальный парк «Югыд ва») // Ботанический журнал. – 2012. – Т. 97. – № 3. – С. 305-320.
4. Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва»). – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 483 с.
5. Molecular phylogenetic analyses, ecology and morphological characteristics of *Chloromonas reticulata* (Goroschankin) Gobi which causes red blooming of snow in the Subpolar Urals / I.V. Novakovskaya, E.N. Patova, O.N. Boldina [et al.]// Cryptogamie, Algologie. – 2018. – Vol. 39. – № 2. – P. 199-213.
6. Патова Е.Н., Новаковская И.В. Почвенные водоросли Северо-Востока Европейской части России // Новости систематики низших растений. – 2018. – Т. 52. – С. 311-353.
7. Influence of ecological factors on soil algae in different types of mountain tundra and sparse forests in the Northern Urals / I.V. Novakovskaya, Y.A. Dubrovskiy, E.N. Patova [et al.]// Phycologia. – 2020. – Vol. 59. – N 4. – P. 320-329.
8. Andersen R.A. Algal Culturing Techniques. – New York: Elsevier Academic Press, 2005. – 589 p.
9. Patova E., Sivkov M., Patova A. Nitrogen fixation activity in biological soil crusts dominated by cyanobacteria in the subpolar Urals (European North–East Russia). // FEMS Microbiology Ecology. – 2016. – N 9. – P. 1-9.
10. *Mychonastes frigidus* sp. nov. (Sphaeropleales/Chlorophyceae), a new species described from a mountain stream in the Subpolar Urals (Russia) / E. Patova, I. Novakovskaya, N. Martynenko [et al.] // Fottea, Olomouc. – 2021. Vol. 21. N 1. P. 8-15.
11. Novakovskaya I.V., Egorova I.N., Kulakova N.V., Patova E.N., Shadrin D.M., Anissimova O.V. Morphological and phylogenetic relations of members of the genus *Coelastrella* (Scenedesmaceae, Chlorophyta) from the Ural and Khentii Mountains (Russia, Mongolia) // Phytotaxa. – 2021. – Vol. 527. – N 1. – P. 001-020.

УДК 631.461

**СООТНОШЕНИЕ БИОМАССЫ ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ
В ТЕМНОГУМУСОВОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ
И ЕЕ ОКУЛЬТУРЕННОМ ВАРИАНТЕ**

Полянская Л.М., Максимова И.А., Анучина Е.Д.

МГУ имени М.В. Ломоносова

lpolyanskaya@mail.ru,

maximova.irina@gmail.com,

kanuchina1997@gmail.com

Аннотация. Методом люминесцентной микроскопии при разных способах пробоподготовки (стандартный и с помощью каскадной фильтрации) была проведена сравнительная оценка запасов грибной и бактериальной биомассы в темногумусовой лесной почве (Gleyic Umbrisol). В результате было показано, что вклад бактериальной биомассы в общую микробную биомассу значительно выше, чем считалось ранее. Использование данного способа пробоподготовки позволило также определить соотношение бактерий разных размерных групп и полнее оценить потенциал прокариот.

Ключевые слова: биомасса бактерий, биомасса грибов, люминесцентная микроскопия, каскадная фильтрация.

Почва является уникальной средой обитания многих организмов, в результате жизнедеятельности которых происходят важнейшие биохимические процессы. Скорость трансформации органического вещества и интенсивность биологического круговорота в почвах связаны с количеством микроорганизмов, оценка численности и биомассы которых в почве является одной из важнейших задач почвенной микробиологии и во многом зависит от выбранного метода исследования и способа пробоподготовки. Ранее методом люминесцентной микроскопии было показано, что на долю бактерий в разных почвах приходится всего 1-10% от общей микробной биомассы, представленной преимущественно грибами (на 90-99%) [1]. Однако, принимая во внимание небольшую биомассу бактерий, возникают вопросы по поводу масштабов процессов, имеющих исключительно бактериальную природу, например, азотфиксации в почвах.

Целью данной работы было сравнение показателей численности и биомассы грибов и бактерий в почвах, определенных с помощью люминесцентной микроскопии при стандартном способе пробоподготовки и с использованием метода каскадной фильтрации [2].

В качестве объекта исследования нами была выбрана темногумусовая глееватая тяжелосуглинистая почва на элювии глинистых отложений триасового возраста в Пыщугском районе Костромской области из разреза, заложенного в лесу, а также окультуренный вариант этой почвы из разреза, заложенного на участке залежи.

Методики определения численности и биомассы микроорганизмов методом люминесцентной микроскопии при стандартной пробоподготовке и с помощью каскадной фильтрации подробно описаны в нашей недавно опубликованной работе [3].

Как следует из полученных данных (рис. 1), численность бактерий, определенная с помощью традиционного способа пробоподготовки в верхнем горизонте агроёма и лесной почвы, составила $1,83 \cdot 10^9$ клеток/г, в нижнем горизонте отмечается, значительное снижение численности в 2 раза. Численность бактерий, учтенная при пробоподготовке по методу каскадной фильтрации, оказалась равной $0,5 \cdot 10^9$ клеток/г почвы в слое 0-20 см и также постепенно уменьшилась вниз по профилю в 2 раза. При сравнении двух методов пробоподготовки для оценки запасов прокариотной биомассы (рис. 2) оказалось, что данные по методу каскадной фильтрации более чем на порядок превышают показатели, полученные с помощью традиционного способа (соответственно 650 мкг/г и 36 мкг/г в слое 0-20 см), и эта закономерность сохраняется по всему профилю. Благодаря использованию фильтров с порами разного диаметра при подготовке образцов с помощью каскадной фильтрации, оказалось возможным более точно определить численность представителей разных размерных групп бактерий.

Закономерным является то, что вклад бактерий больших габаритов в общую биомассу бактерий является максимальным, и бактерии с диаметрами клеток более 1,85 мкм представляют собой доминирующую фракцию: на их долю приходится на 1,5 порядка больше биомассы, чем на бактерии наименьших диаметров, субдоминантом являются бактерии с диаметром клеток от 1,85 до 1,43 мкм. Ранее считалось, что средние размеры бактериальных клеток составляют 0,1 мкм в диаметре.

Длина грибного мицелия в верхнем горизонте почвы, определенная при стандартной пробоподготовке, составляет 360 м/г на глубине 0-20 см и снижается вниз по профилю, достигая на глубине 100 см 128 м/г. При использовании метода каскадной фильтрации этот показатель составил 216 м/г почвы в верхнем горизонте и снизился до 82 м/г на глубине 100 см. Биомасса грибного мицелия, определенная с помощью метода каскадной фильтрации, составляет 558,6 мкг/г почвы для верхнего горизонта. Для глубины 50 см различие между двумя методами составило менее 100 мкг/г почвы и оказалось равным примерно 422,7 мкг/г почвы. На глубине 70 см оба метода также показывают достоверно не различимые величины, составляющие примерно 315,5 мкг/г. На глубине 100 см биомасса мицелия составила 174,3 мкг/г, оказавшись меньше значения биомассы, определенной при традиционной пробоподготовке (рис. 3).

Использование двух способов пробоподготовки позволило пересмотреть соотношение бактериальной и грибной биомасс и выяснить, что вклад бактериальной биомассы в общую микробную биомассу значительно выше, чем считалось ранее (табл. 1).

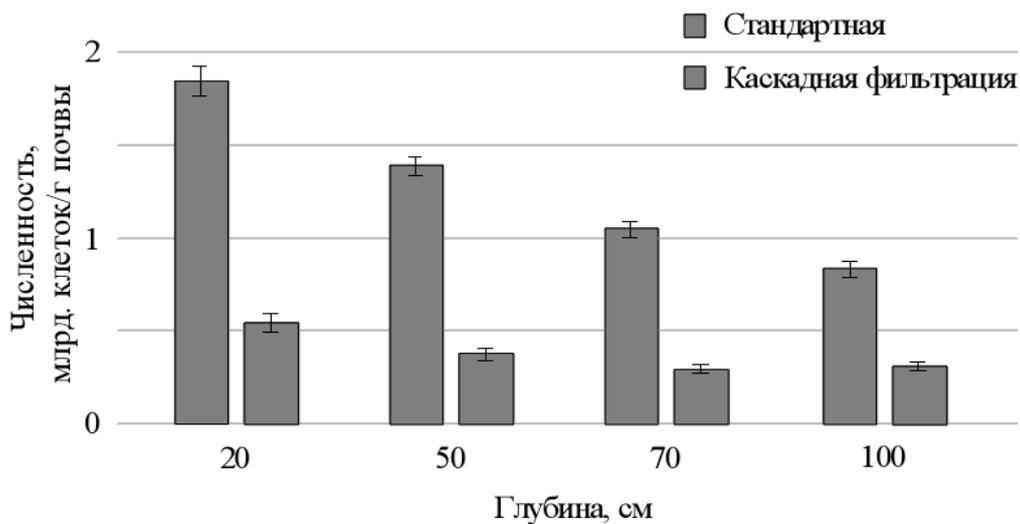


Рисунок 1 – Численность бактериальных клеток в темногомусовой почве, определенная с помощью метода люминесцентной микроскопии при разных способах пробоподготовки

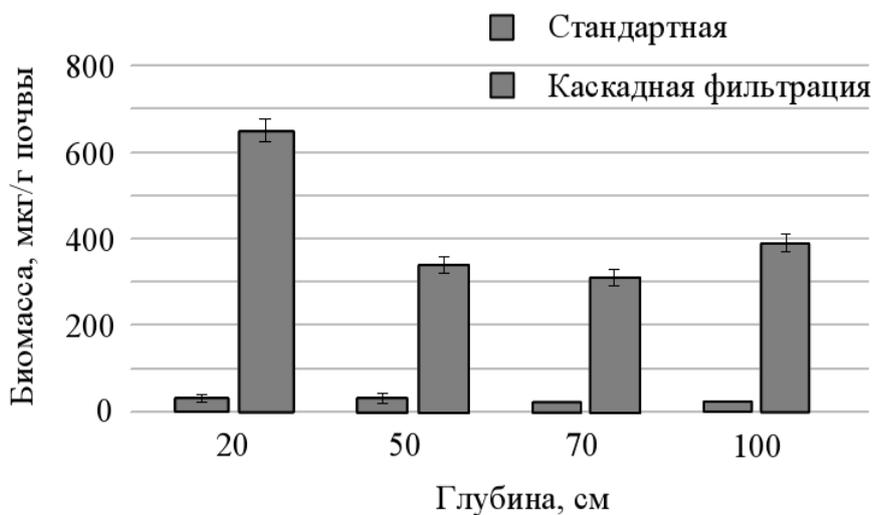


Рисунок 2 – Биомасса бактерий в темногомусовой почве, определенная с помощью метода люминесцентной микроскопии при разных способах пробоподготовки

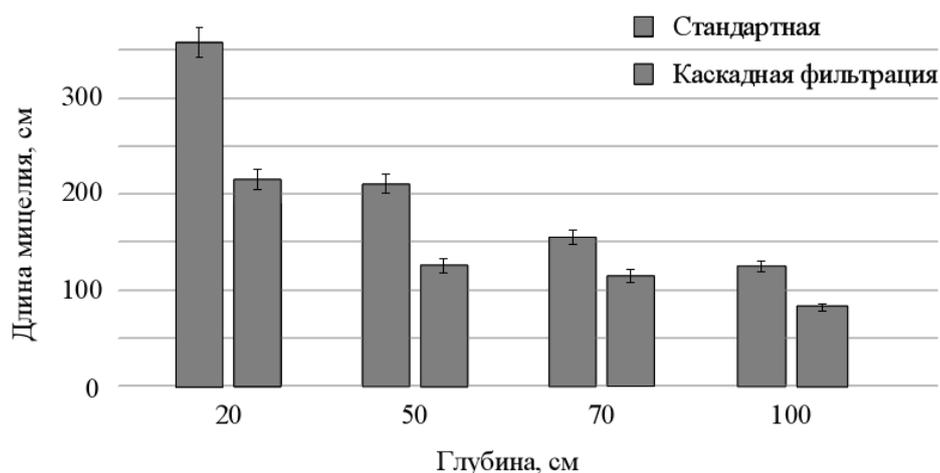


Рисунок 3 – Длина мицелия грибов в темногумусовой почве определенная при разных способах пробоподготовки

Таблица 1 – Доля (%) грибов (над чертой) и бактерий (под чертой) в микробной биомассе на разной глубине почвенного профиля

Почва	Глубина, см		
	20-25	50-60	80-90
<i>Стандартная пробоподготовка</i>			
Лесная почва	96/4	92/7	94/6
Агрозём	99/1	98/2	98/2
<i>Каскадная фильтрация</i>			
Лесная почва	46/53	56/44	31/69
Агрозём	29/71	34/66	31/69

Следует отметить, что существенным преимуществом использования метода каскадной фильтрации для определения запасов бактериальной биомассы является возможность учитывать вклад разных размерных групп бактерий. Таким образом, можно сделать вывод, что метод каскадной фильтрации более чувствителен для определения численности и запасов бактериальной биомассы, и позволяет полнее оценить весь бактериальный потенциал.

Литература

1. Полянская Л.М. Микробная сукцессия в почве: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Москва, 1996. – 96 с.
2. Звягинцев Особенности структуры микробной биомассы почв кольцевых западин Липецкой и Волгоградской областей / Л.М. Полянская, Н.И. Суханова, К.В. Чакмазян, Д.Г. // Почвоведение. – 2014. – № 9. – С. 1089-1094.
3. Соотношение грибов и бактерий в темногумусовой лесной почве / Л.М. Полянская, Д.Д. Юмаков, З.Н. Тюгай, А.Л. Степанов // Почвоведение. – 2020. – № 9. – С. 1094-1099.

УДК 581.5: 631.45

ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЗМЫ-ИНДИКАТОРЫ ПЛОДОРДИЯ ПОЧВ НА СЕВЕРЕ РОССИИ

Ренгартен Г.А.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
rengarten.g@gmail.com

Аннотация. Растения могут служить источником для определения индикации рН почвы, загрязнения почвы азотом и его окислами, тяжёлыми металлами (ТМ), алюминием, окислителями, озоном, диоксидом серы, сероводородом, этиленом, аммиаком, фтористым водородом, а также степени увлажнения, засоления, уплотнения, гранулометрического состава и глубины грунтовых вод.

Также велика роль почвенных микроорганизмов, участвующих в почвообразовательном процессе. Мониторинг экологического состояния почвы всегда актуален. Он возможен, например, с помощью биоиндикации.

Ключевые слова: биоиндикация, тест-культуры, ТМ, плодородие почв, микроорганизмы.

Растительный покров является наиболее чувствительным и легко наблюдаемым индикатором состояния биогеоценоза, что и обуславливает использование методов фитоиндикации для получения первичной информации и начальной оценки состояния почв [1].

Применение методов почвенно-растительной диагностики в практике сельскохозяйственного использования деградированных почв обеспечивает увеличение продуктивности растений до 40% [2].

Некоторые растения могут использоваться в биоиндикации. Биоиндикаторы – организмы, присутствие, количество или интенсивность развития которых служат показателем каких-либо естественных процессов или условий окружающей среды, наличия определенных веществ в воде или почве, степени загрязненности и др.

Примером растения-биоиндикатора может являться люцерна. По данным Н.А. Киреевой и В.В. Водопьянова [3], люцерна реагирует на дозы нефти в почве. В концентрациях 1-5% нефть токсична для роста растений. Использование люцерны целесообразно для фитомелиорации почв, в которых нефтепродуктов может содержаться не более 5%.

И.Е. Смирнова [4] рекомендует в качестве тестовой культуры использовать салат. При выращивании его на песчаных почвах, загрязненных тяжёлыми металлами, надземные органы растения имели повышенное количество алюминия (выше ПДК). Биоиндикация может использоваться при микрорайонировании сельскохозяйственных угодий.

А.А. Жученко [5] предложил рассматривать в качестве основного критерия микрорайонирования сельскохозяйственных угодий специфику

адаптивных реакций культивируемых растений, а показатели остальных факторов (почвы, климата и др.) использовать в качестве вспомогательных.

По индикационной информативности фитолитов (минеральных частиц в растениях) можно исследованные растения разделить на 2 группы. Опаловые образования растений 1 группы не обладают характерной морфологией, то есть фитолиты в растениях формируются, но их форма не специфична. Фитолиты растений 2 группы, наоборот, с высокой степенью достоверности можно идентифицировать при анализе почвенного материала. У этих растений, наряду с общими чертами и формами окремения, встречаются и фитолиты строго определенной формы, не имеющие аналогов у других растений. К растениям 1 группы относятся многие двудольные травы, например, майник двулистный, линнея северная, марьянник луговой, береза, дуб, многие мхи – сфагнум, плевроциум и др. Ко 2-й группе растений относятся: ковыль узколистный, ковыль-тырса, свиной пальчатый, волоснец песчаный, гребенник обыкновенный, ежа сборная, тимофеевка, торичник солончаковатый, трясунка средняя, щетинник зеленый. Они формируют оригинальные, диагностически значимые формы фитолитов [6].

По данным Л.А. Лебедевой [7], озимая пшеница, ячмень, кормовые бобы и клевер – очень чувствительные к неблагоприятным почвенным свойствам культуры, овес и тимофеевка – устойчивые, а яровая пшеница, озимая рожь, озимая и яровая вика – средне чувствительные.

Установлено, что высокочувствительными к изменению содержания Са в растительной ткани под влиянием почвенных факторов (на деградированных почвах) являются соя, кукуруза, картофель и озимая пшеница. Уменьшение содержания Са в надземной массе пшеницы в фазу колошения. В модельных опытах установлено, что даже такой универсальный индикатор, как салат, может менять чувствительность к загрязнению почвы Zn в зависимости от того, с каким видом растений он произрастает [8].

По отзывчивости к загрязнению почвы ТМ (Pb, Cu, Ni, Cr, Cd, Co и Zn) сельскохозяйственные культуры разделили на группы: условно невосприимчивые: люцерна, рапс; средне восприимчивые: просо кормовое; восприимчивые: гречиха, пшеница твердая; сильно восприимчивые – пшеница мягкая [9].

А. Маклакова и А.В. Стрелинская [10] изучали действие растворов солей ТМ и гуминовых веществ на прорастание овса. Они использовали 1% раствор $ZnSO_4$ и 1% раствор $CuSO_4$. Установлено, что растворы гуминовых веществ положительно влияют на прорастание овса, а растворы тяжелых металлов – отрицательно. Аналогичную работу, но только с проростками кукурузы провели Н. Рамашова, М. Смирнова и Д.Кулькова [11]. Они установили, что растворы солей Zn и Cu угнетают развитие проростков кукурузы, а гуминовые вещества, связывая эти металлы, наоборот стимулируют рост всходов.

Е.Д. Кострова также использовала методы биоиндикации для определения загрязнённости почвы ТМ [12]. Она установила обратную связь между рНвод и всхожестью семян кресс-салата и прямую связь между рНвод и ростом корней. Отмечено негативное влияние высоких концентраций на

развитие растений лука репчатого и кресс-салата (по длине проростков и корней).

Д. И. Щеглов и др. использовали сахарную свёклу как тест-культуру фитотоксичности почвы [13]. По сравнению с кресс-салатом свекла менее чувствительна, однако при наличии в почве фитотоксинов длина её корней заметно снижается. Бобовые травы являются сорбентами накопления ТМ (свинец, кадмий, медь цинк) [14].

Высота ростков и длина корней озимой пшеницы уменьшается по мере увеличения степени загазованности атмосферы и почвы [15].

Установлена даже разная реакция кресс-салата через почву на содержание микроэлементов в бензине [16].

Растительная диагностика служит для выявления пестроты плодородия почвы и оценки воздействия на почву любого агроприёма [17].

Найдены растения-индикаторы, по флуоресцентной реакции которых можно своевременно обнаружить признаки деградации почв [18].

Подобраны растения для индикации рН почвы, загрязнения почвы азотом и его окислами, ТМ, алюминием, окислителями, озоном, диоксидом серы, сероводородом, этиленом, аммиаком, фтористым водородом, а также степени увлажнения, засоления, уплотнения, гранулометрического состава и глубины грунтовых вод [19].

В таблице 1 показаны растения-индикаторы, произрастающие на почвах с разной кислотностью и растения-индикаторы почвенного плодородия (табл. 2).

Концептуальной основой эколого-микробиологического подхода к охране почв является рассмотрение микробного компонента почвы как индикатора качества среды обитания, регулятора миграции и трансформации и аккумулятора загрязняющих веществ, как основного деструктора органических веществ до минеральных соединений [20].

Микроорганизмы играют важную роль в самоочищении почвы от продуктов сельскохозяйственной деятельности человека, являются основным фактором почвообразовательного процесса и необходимым звеном круговорота веществ в природе. Высокая устойчивость микробиотических популяций, их восстановительная способность обуславливают стабильность почвы, как биологической системы. Высокое плодородие почвы предполагает высокий уровень биомассы микроорганизмов, высокую продуктивность микрофлоры, большое видовое и функциональное разнообразие, оптимальное соотношение продуцентов и сапрофитов, высокий уровень компенсационных и очистительных микробиологических процессов [21].

Биоиндикаторами можно считать и комплекс целлюлозоразлагающих микроорганизмов, поскольку целлюлозолитическая способность почвы может служить характеристикой трансформации органического вещества, вовлечения труднодоступных форм углерода в биологический круговорот и в конечном итоге определяет уровень почвенного плодородия и продуктивность биоты.

Таблица 1 – Растения-индикаторы, растущие на почвах с разной кислотностью [21]

Характеристика почв по кислотности	Растения – индикаторы кислотности
<p>Кислые (рН < 4,5-5,5)</p>	<p>Горец кустарниковый (<i>Polygonum dumetorum</i>) Звездчатка ланцетовидная (<i>Stellaria holostea</i>) Калужница болотная (<i>Caltha palustris</i>) Кипрей мохнатый (<i>Epilobum hirsutum</i>) Куриное просо (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Лютик ползучий (<i>Ranunculus repens</i>) Лютик едкий (<i>Ranunculus acer</i>) Подорожник большой (<i>Plantago major</i>) Сераделла мелкая (<i>Ornithopus persusillus</i>) Седмичник европейский (<i>Trientalis europaea</i>) Фиалка трехцветная (<i>Viola tricolor</i>) Хвощ луговой (<i>Equisetum pratense</i>) Щавель воробьиный (<i>Rumex acetosella</i>) Щавель конский (<i>Rumex confertus</i>)</p>
<p>Нейтральные (рН 5,6-7,0)</p>	<p>Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i>) Крапива жгучая (<i>Urtica urens</i>) Манжетка обыкновенная (<i>Alchimilla vulgaris</i>) Мыльнянка лекарственная (<i>Saponaria officinalis</i>) Пырей ползучий (<i>Erythria repens</i>) Редька дикая (<i>Raphanus raphanistrum</i>) Ромашка лекарственная (<i>Matricaria chamomilla</i>) Смолевка поникшая (<i>Sifene nutans</i>) Чистец лесной (<i>Stachys sylvatica</i>)</p>
<p>Щелочные (рН > 7,0)</p>	<p>Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i>) Горчица полевая (<i>Sinapis arvensis</i>) Дрема белая (<i>Melandrium album</i>) Живокость полевая (<i>Consolida regalis</i>) Лебеда раскидистая (<i>Atriplex patula</i>) Подмаренник цепкий (<i>Galium aparine</i>) Подорожник ланцетный (<i>Plantago lanceolata</i>) Язвенник крупноголовчатый (<i>Anthylus macrocephata</i>)</p>

Они растут на обогащенных азотом почвах ольховых лесов - калужница (*Caltha palustris*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), недотрога (*Impatiens noli-tangere*), паслен сладко-горький (*Solanum dulcamara*), хмель (*Humulus lupulus*), в верхних слоях почвы под пологом лиственных лесов - звездчатка лесная (*Stellaria holostea*), пролесник многолетний (*Mercularia perennis*), на плодородных пустырях — крапива глухая и яснотка пурпуровая (*Lamium album*, *Lamium purpureum*), лопух (*Arctium lappa*), марь белая (*Chenopodium album*), пыстырник (*Leonurus cardiaca*).

Таблица 2 – Растения-индикаторы произрастающие на почвах с разным уровнем плодородия [21]

Группы растений по отношению к плодородию почвы	Растения - индикаторы плодородия почвы
<p>Олиготрофы (низкий уровень плодородия)</p>	<p>сфагновые мхи (<i>Sphagnum sp.</i>) лишайники: кладонии (<i>Cladonia sp.</i>), исландский мох (<i>Cetraria islandica</i>), багульник (<i>Ledum palustre</i>), брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>), вереск (<i>Calluna vulgaris</i>), клюква (<i>Vaccinium oxycoccus</i>), подбел (<i>Andromeda polifolia</i>), черника (<i>Vaccinium myrtillus</i>). Растения песчаных почв - белоус (<i>Nardus stricta</i>), бессмертник (<i>Helichrysum arenarium</i>), кошачья лапка (<i>Antennaria dioica</i>), ястребинка волосистая (<i>Hieracium umbellatum</i>).</p>
<p>Мезатрофы (средний уровень плодородия)</p>	<p>зеленый мох гилокомиум (<i>Hylocomium splendens</i>), папоротник мужской (<i>Dryopteris filix-mas</i>), вероника дубравная (<i>Veronica chamaedrys</i>), ветреница лютиковая (<i>Anemone ranunculoides</i>), земляника лесная (<i>Fragaria vesca</i>), грушанка круглолистная (<i>Pirola rotundifolia</i>), душица (<i>Origanum vulgare</i>), иван-да-марья (<i>Melampyrum nemorosum</i>), любка двулистная (<i>Planantera bifolia</i>), смолевка поникшая (<i>Silene nutans</i>), яснотка пурпуровая (<i>Lamium purpureum</i>)</p>
<p>Эвтрофы (мегатрофы) богатых почв</p>	<p>мох мниум (<i>Mnium sp.</i>), папоротники страусово перо (<i>Matteuccia struthiopteris</i>) кочедыжник женский (<i>Anthrinum filix-femina</i>), иван-чай (<i>Chamaenerium angustifolium</i>), копытень (<i>Asarum europaeum</i>), коротконожка лесная (<i>Brachypodium silvaticum</i>), крапива двудомная и жгучая (<i>Urtica dioica</i>, <i>Urtica urens</i>), купырь лесной (<i>Anthriscus silvestris</i>), лебеда (<i>Atriplexpatula</i>), лисохвост (<i>Alopecurus pratensis</i>), лунник (<i>Lunaria rediviva</i>), малина (<i>Rubus idaeus</i>), медуница (<i>Pulmonaria obscura</i>), мокрица (<i>Stellaria media</i>), овсяница гигантская (<i>Festuca gigantea</i>), паслен черный (<i>Solarium nigrum</i>), перелеска благородная (<i>Hepatica nobilis</i>), хвощ лесной (<i>Equisetum silvaticum</i>)</p>

Важнейшим элементом питания растений является азот. При нехватке азота растения слабо растут, имеют чахлый вид, бледную окраску листьев. При

достаточном азотном питании развитие надземных органов и общее состояние растений хорошее.

Индикаторами низкого содержания азота в почве являются растения-нитрофобы. Ими являются многие бобовые растения: дрок красильный (*Genista tinctoria*), люцерна (*Medicago lupulina*), астрагал (*Astragalus sp.*) и другие. Выживать на почвах, бедных азотом, им помогает содружество с азотфиксирующими микроорганизмами, которые способны получать азот из атмосферы и снабжать им растения.

Клубеньковые бактерии в течение года обогащают 1 га бобового поля 200-300 кг азота. Помимо бобовых известно до двух сотен видов других растений, дружащих с азотфиксирующими микроорганизмами. Это, в частности, лох (*Elaeagnus angustifolia*), облепиха (*Hippophae rhamnoides*), ольха (*Alnus glutinosa*), шефердия (*Shepherdia argentea*) [21].

Литература

1. Антропогенные изменения структуры растительного покрова под влиянием локального переувлажнения и возможность фитоиндикации для оценки состояния почв / В.Н. Филоненко, В.П. Калинин, О.Г. Назаренко, Н.Б. Хитров // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры её предупреждения: Тез. и докл. Всерос. конф. – Т. 1. – Москва, 1998. – С. 70.
2. Горшкова М.А., Багреева О.Н. Способы оценки уровней минерального питания растений на деградированных почвах // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры её предупреждения: Тез. и докл. Всерос. конф. – Т. 1. – Москва, 1998. – С. 227-228.
3. Киреева Н.А., Водопьянов В.В. Мониторинг роста и развития растений, используемых для фитомелиорации нефтезагрязненных почв // Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем: Матер. междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2006. – С.181-183.
4. Смирнова И.Е. Возможности использования отходов производства алюминия для иммобилизации тяжёлых металлов в песчаных почвах // Почвы России. Проблемы и решения: Матер. IX Всерос. конф. «Докучаевские молодёжные чтения». – СПб., 2006. – С. 354-355.
5. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. – Кишинёв: Штиинца, 1988. – 768 с.
6. Гольева А.А. Биогеохимия аморфного кремнезёма в растениях и почвах // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. К 100-летию со дня рождения. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – С. 137-159.
7. Лебедева Л.А. Минеральные удобрения на дерново-подзолистых почвах. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 104 с.
8. Ельников И.И. Экологический аспект применения методов диагностики питания растений на деградированных почвах // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры её предупреждения: тез. и докл. Всерос. конф. – Т. 1. – Москва, 1998. – С. 38-41.

9. Морковин Г.Г., Завалишин С.И., Овцинов В.И. Изучение фитомелиорирующих способностей сельскохозяйственных растений для биологической детоксикации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами// Антропогенная деградация почвенного покрова и меры её предупреждения: Тез. и докл. Всерос. конф. – Т. 2. – Москва, 1998. – С. 166-168.
10. Маклакова А., Стрелинская А.В. Изучение действия гуминовых веществ и солей тяжёлых металлов на прорастание овса// Почвы России. Проблемы и решения: Матер. IX Всерос. конф. «Докучаевские молодёжные чтения». – СПб., 2006. – С. 407-408.
11. Ромашова Н., Смирнова М., Кулькова Д. Биологическое тестирование солей тяжёлых металлов и гуматов // Почвы России. Проблемы и решения: Матер. IX Всерос. конф. «Докучаевские молодёжные чтения». – СПб., 2006. – С. 414-415.
12. Кострова Е.Д. Использование методов биоиндикации для определения загрязнения почв тяжёлыми металлами // Почвы России. Проблемы и решения: Матер. IX Всерос. конф. «Докучаевские молодёжные чтения». – СПб, 2006. – С. 333-334.
13. О возможности использования сахарной свёклы как тест-культуры фитотоксичности почвы / Д.И. Щеглов, Н.В. Безлер, Л.Д. Стахурлова, Е.В. Перцева // Чернозёмы Центральной России: генезис, география, эволюция: Матер. междунар. науч. конф.– Воронеж, 2004. – С. 400-405.
14. Бекмурзов А.Д., Трифонова М.В., Бекузарова С.А. Бобовые травы - биоиндикаторы токсичности почв// Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 24. – С. 4-7.
15. Макаева А.З., Оказова З.П., Козачек А.В. Использование семян зерновых культур в оценке экологического состояния урбаноземов в зависимости от уровня техногенной нагрузки // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2020. – № 4(78). – С. 22-27.
16. Семёнова М.В. Экологическое состояние почвы и его влияние на рост и развитие растений // Международный студенческий народный вестник. –2018. – № 3-8. – С. 1214-1217.
17. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
18. Об изменении оптических параметров растений в зависимости от степени засоленности почв засушливых территорий / М.Х.-М. Магомедова, М.Ю. Алиева, А.Т. Мамаев [и др.] // Аридные экосистемы.– 2019. – Т. 25. – № 2(79). – С. 70-75.
19. Пестова О.А. Биоиндикационный метод определения загрязнителя в окружающей среде // Экологические проблемы региона и пути их разрешения: матер. XIV междунар. науч-практ. конф. – Омск, 2020. – С. 22-28.
20. Евдокимова Т.А. Эколого-микробиологические основы охраны почв в условиях промышленного воздействия на крайнем севере: автореф. дис. ... д-р биол. наук. – Москва, 1990. – 36 с.
21. Меженский В.Н. Растения-индикаторы. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2004. – 80 с.

УДК 547.502
СКРИНИНГ ИЗОЛЯТОВ *TRICHODERMA* SPP., ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ДЛЯ БИОКОНТРОЛЯ *FUSARIUM CULMORUM*

Стариков П.А.¹, Шешегова Т.К.²

¹ ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ

ya.starikov-pavel@yandex.ru

² Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н.В. Рудницкого

Аннотация. Из образцов древесины и с поверхности плодовых тел базидиальных грибов выделены изоляты *Trichoderma* spp. и исследована их антифузариозная активность. Отобран штамм триходермы, перспективный в качестве основы биологического препарата для защиты злаковых культур от *Fusarium culmorum*.

Ключевые слова: *Fusarium*, *Trichoderma*, фузариоз, антагонизм, биологический контроль, диффузия в агар.

Среди низших грибов рода *Fusarium* встречается значительное количество фитопатогенов, вызывающих массовые эпифитотии [1]. Кроме того, продукция растениеводства, пораженная фузариозом, содержит большое количество микотоксинов и поэтому непригодна для применения в пищевых и кормовых целях [2].

Формирование устойчивости *Fusarium* spp. к действию химических фунгицидов, негативное воздействие последних на экосистемы, а также сложность выведения устойчивых сортов открывает перспективу использования биологического контроля распространения этой инфекции [3, 4].

Среди микроорганизмов, проявляющих антагонизм по отношению к представителям *Fusarium* spp. выделяются грибы рода *Trichoderma* [5]. Антимикробная активность этих микромицетов обусловлена проявлением прямого паразитизма, конкуренцией за питательные вещества, а также выделением антибиотиков и литических ферментов [6]. Штаммы триходермы широко используются для защиты от фузариоза различных сельскохозяйственных культур [7]. Но в связи с большим многообразием возбудителей фузариоза и быстрым формированием к ним полевой чувствительности необходимо более детальное исследование взаимодействия фузариев и триходермы для разработки эффективных методов биологического контроля распространения фузариозных инфекций.

Согласно результатам исследований, одним из наиболее агрессивных и вирулентных грибов данного рода является *F. culmorum*. Кроме того, этот вид – один из лидеров по продукции микотоксинов [8]. В опытах *in vitro* он значительно обгоняет других представителей *Fusarium* spp. по скорости мицелиального роста [9]. Это делает *F. culmorum* идеальным тест-объектом для исследования антифунгальных свойств агрономически полезных микроорганизмов, в том числе, грибов р. *Trichoderma*.

Цель работы – выявление природных изолятов триходермы, обладающих антагонистической активностью по отношению к *Fusarium culmorum*.

Объектами исследования являлись 25 природных изолятов микромицетов, по культуральным и морфологическим свойствам соответствующие роду *Trichoderma* [10]. Эталоном являлся штамм *T. lignorum* T13-82, выделенный из коммерческого биопрепарата «Триходермин-БЛ» (ПК «Биогель»). В качестве тест-культуры выступал высокопатогенный штамм *Fusarium culmorum* Р-з/16, выделенный из зерна озимой ржи (2016 г.) сотрудниками лаборатории иммунитета и защиты растений ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого.

Для изучения токсического действия метаболитов изолятов триходермы на *F. culmorum* использовали метод диффузии в агар.

С целью получения посевной культуры фитопатогена производили смыв конидий с 7-дневного газона тест-культуры на чашке Петри диаметром 90 мм. Суспендированные в 40 мл стерильной воды споры с вкраплениями обрывков мицелия переносили в 500 мл расплавленной и охлажденной до 40-45°C среды Чапека, гомогенизировали смесь, разливали зараженную среду в чашки Петри и инкубировали при температуре 24±1°C в течение 2-х суток, до момента начала равномерного мицелиального роста фузариума по всему объему питательной среды.

Затем агаровые блоки диаметром 9 мм, вырезанные с краев колоний триходермы на среде Чапека, помещали в чашки Петри с образовавшимся газоном *F. culmorum* (в 3-х повторностях). Инкубировали в темноте при 24±1°C. Спустя двое суток с момента размещения агаровых блоков измеряли зоны лизиса тест-культур.

Среди всех испытанных изолятов лишь один штамм К-02Т продемонстрировал способность к лизированию мицелия тест-культуры. Этот штамм был выделен с плодового тела трутовика на территории Кировского дендрологического парка (ноябрь, 2021 г.). Культура данного микромицета на агаровых блоках образовывала зону лизиса на газоне фузариума диаметром 13±1 мм (рис.). В то же время остальные исследуемые изоляты, а также эталонный штамм *T. lignorum* T13-82 не проявили антагонизма к фузариуму при анализе методом диффузии в агар.

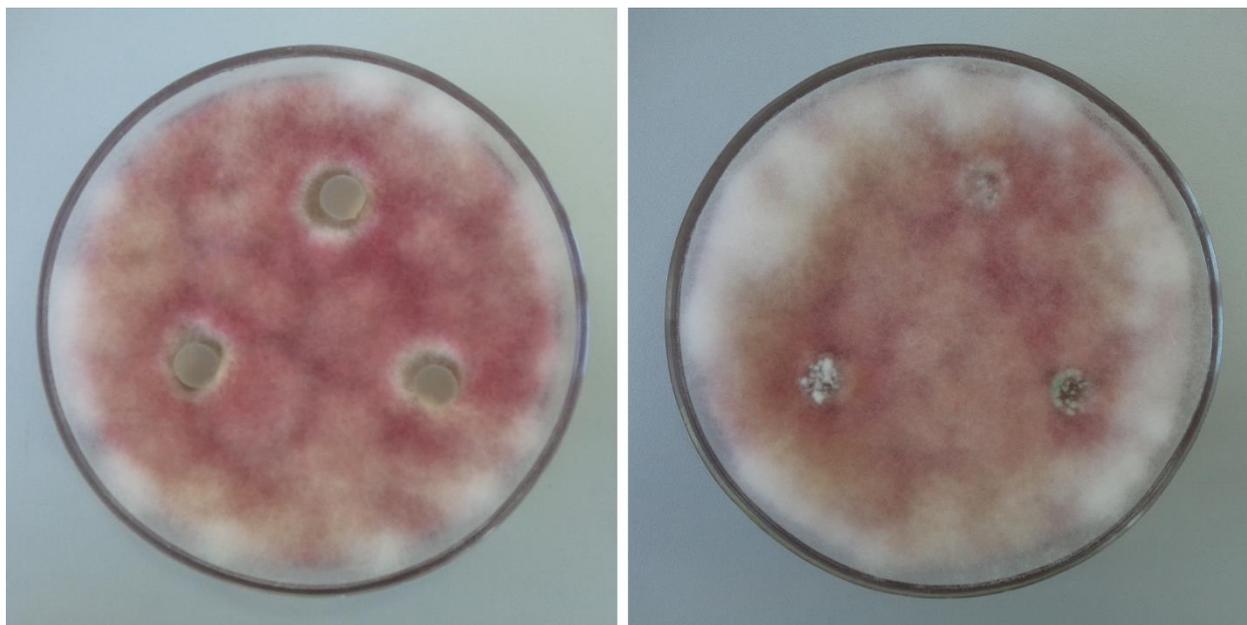


Рисунок 1 – Результаты исследования антифузариозной активности *Trichoderma* spp. методом диффузии в агар: слева – штамм К-02Т, справа – *T. lignorum* Т13-82

Таким образом, по результатам первичного скрининга изолятов *Trichoderma* spp. отобран один перспективный штамм, который будет использоваться для дальнейшего изучения антагонистической активности по отношению к фитопатогенным грибам рода *Fusarium*.

Литература

1. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* // Биосфера. – 2014. – Т. 6. – № 1. – С. 44-53.
2. Фузариотоксины и их роль в жизни растений, животных и человека (обзор) / Л.И. Домрачева, С.Г. Скугорева, А.И. Фокина, Т.Я. Ашихмина // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции, Киров, 27–28 апреля 2021 года. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 29-34.
3. Kahkashan Perveen and Najat A. Bokhari. Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* isolated from soil of date palm field against *Fusarium oxysporum* // African Journal of Microbiology Research. – 2012. – Vol. 6. – No. 13. – P. 3348-3353. – doi: 10.5897/AJMR12.247.
4. Современные методы биоконтроля фитопатогенов растительного сырья / Е.Ю. Панасенко, И.Б. Красина, Т.В. Першакова, Е.П. Викторова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – № 2-3(362-363). – С. 13-18. – DOI 10.26297/0579-3009.2018.2-3.3.
5. *Trichoderma harzianum* improves defense against *Fusarium oxysporum* by regulating ROS and RNS metabolism, redox balance, and energy flow in cucumber

roots / Shuang-Chen Chen, Jing-Jing Ren, Hong-Jiao Zhao [et al.] // *Phytopathology*. 2019. – Vol. 109. – No. 6. – P. 972-982. – doi: 10.1094/PHYTO-09-18-0342-R.

6. Стариков П.А. Грибы рода *Trichoderma* как антагонисты фитопатогенов (обзор) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 188-191.

7. Dendouga W., Boureghda H. and Belhamra M. Biocontrol of wheat Fusarium crown and root rot by *Trichoderma* spp. and evaluation of their cell wall degrading enzymes activities // *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 2016. – Vol. 51. – No. 1. – P. 1-12. – doi: 10.1556/038.51.2016.1.1.

8. Фузарии: биологический контроль, сорбционные возможности / Л.И. Домрачева, Л.В. Трефилова, А.И. Фокина– Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2013. – 182 с.

9. Стариков П.А., Широких И.Г. Влияние нового изолята гриба рода *Trichoderma* на представителей *Fusarium* spp // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 37-41.

10. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди; пер. с англ. К.Л. Тарасова и Ю.Н. Ковалева; под ред. И.Р. Дорожковой. – М.: Мир, 2001. – 468 с.

УДК 631.812.12;631.813.4

ИЗУЧЕНИЕ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ УДОБРЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМОГО ДЕЙСТВИЯ

Товстик Е.В.¹, Скугорева С.Г.², Адамович Т.А.¹, Ашихмина Т.Я.^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО Вятский ГУ

tovstik2006@inbox.ru

² ИБ ФИЦ Кому НЦ УрО РАН

skugoreva@mail.ru

Аннотация. В работе дана оценка профиля высвобождения элементов питания из удобрения контролируемого действия (УКД) в стационарной модельной системе с дистиллированной водой. Для оценки использовали значения удельной электропроводности и масс неорганических ионов в растворе. Между данными критериями существует прямая корреляционная взаимосвязь ($R = +0,89\text{--}+0,99$). В связи с этим удельную электропроводность можно рекомендовать как критерий для оценки профиля высвобождения питательных веществ из УКД, так как ее измерение является достаточно быстрой и простой операцией.

Ключевые слова: удобрения контролируемого действия, профиль высвобождения ионов, удельная электропроводность.

Отчуждение элементов питания из почвы является одной из наиболее актуальных проблем растениеводства [1, 2]. Причиной обеднения почв может быть не только вынос питательных веществ с урожаем, но и вымывание их из почвы с атмосферными осадками и поливными водами. Восполнить дефицит возможно посредством внесения удобрений контролируемого действия (УКД), которые содержат элементы питания в форме, которая позволяет отсрочить их высвобождение или удлинить срок их доступности для растений [3]. Массовое использование УКД сдерживает их относительная дороговизна и вопрос биоразложения их синтетических оболочек [4, 5]. Кроме того, единых стандартов надежного определения скорости высвобождения питательных веществ из УКД не разработано.

Цель работы: провести анализ профиля высвобождения элементов питания из гранул капсулированного удобрения в водной среде.

Объект исследования: гранулированное удобрение контролируемого (медленного) высвобождения марки Осмокот. Содержание общего азота в изучаемом УКД составляло 15% ($N-NO_3^-$ – 7,4; $N-NH_4^+$ – 6,6%), P_2O_5 – 8,9%; K_2O – 11,9%; MgO – 1,7%; S – 2,0%. Гранулы УКД покрыты мембранной оболочкой из биоразлагаемой смолы.

Испытания по высвобождению элементов питания из УКД проводили при комнатной температуре в стационарной модельной системе с дистиллированной водой. Для этого навески удобрения массой 3,00 г помещали в контейнеры объемом 250 см³, приливали 200 см³ дистиллированной воды и герметично закрывали крышками для предотвращения испарения воды и поглощения газов из воздуха. Контролем служила дистиллированная вода. Длительность эксперимента составила 108 суток. Высвобождение элементов питания в воду проверяли с интервалом в две недели. Подготовка проб для анализа заключалась в извлечении гранул удобрений из растворов, их перемешивании и фильтровании через бумажный фильтр «синяя лента».

У полученных растворов измеряли удельную электрическую проводимость с помощью прибора «Мультитест КСЛ», определяли концентрацию ионов калия, магния, аммония, нитрат-, сульфат- и фосфат-ионов на ионном хроматографе «Стайер». Обработку полученных данных проводили с использованием пакетов программы Microsoft Excel 2010. Для моделирования профиля высвобождения питательных веществ из УКД на основе полученных данных строили кривые, используя полином второй степени. Степень соответствия трендовой модели исходным данным подтверждали путем расчета коэффициента достоверности аппроксимации (R^2).

В ходе эксперимента установлено, что с увеличением срока экспозиции УКД в дистиллированной воде фиксировали планомерное увеличение значений удельной электропроводности растворов. К концу срока наблюдения в исследуемой стационарной системе наблюдали равновесное состояние, когда кривая электропроводности достигала плато (рис. 1).

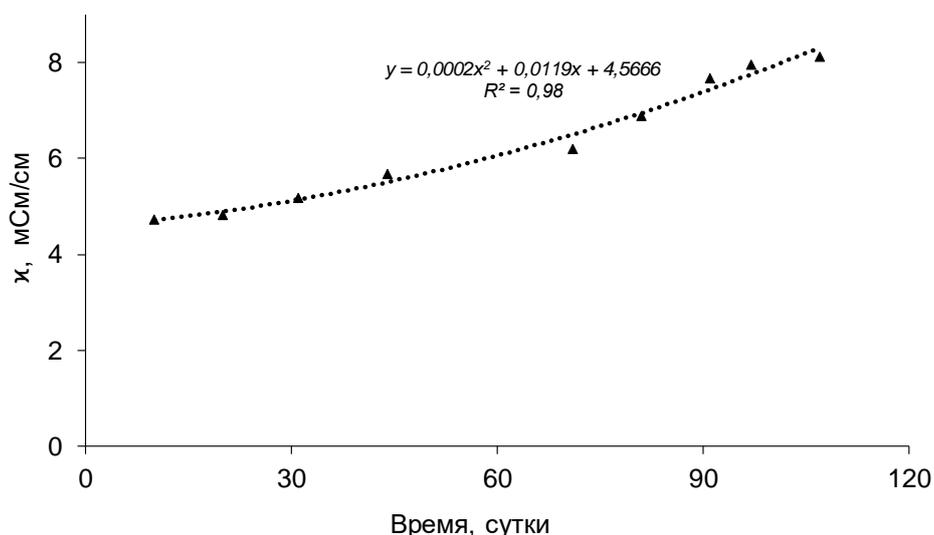


Рисунок 1 – Динамика удельной электропроводности воды при контакте с удобрением

Согласно расчетным данным, содержание питательных веществ в исследуемой навеске УКД в пересчете на K^+ составляло 0,36; NH_4^+ – 0,26; Mg^{2+} – 0,09; NO_3^- – 0,97; SO_4^{2-} – 0,61; PO_4^{3-} – 0,29 г. Основываясь на расчетных данных, в удобрении ионов магния содержится в 4 раза меньше, чем ионов калия. Подобную зависимость наблюдали и на графике, построенном на основании экспериментальных данных по исследованию профиля высвобождения катионов из удобрения (рис. 2а). Однако на практике эта разница составила больше – в среднем 10 раз. Данный факт можно объяснить разной природой исследуемых ионов. Кроме того, в опыте анализировали только содержание водорастворимых форм. Занижение установленных на практике масс ионов магния в исследуемом растворе, по сравнению с теоретически возможным значением, могло быть связано с образованием его малорастворимых соединений, например, фосфатов и сульфатов.

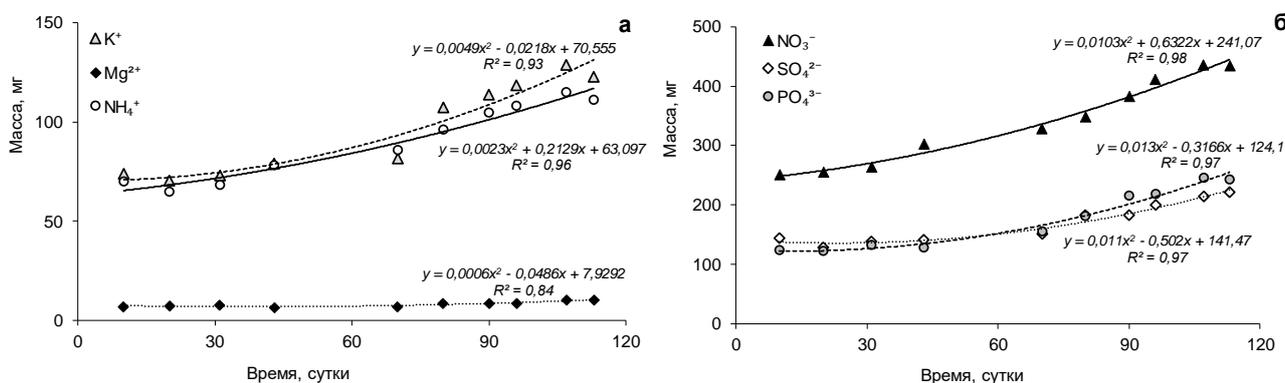


Рисунок 2 – Профили высвобождения катионов (а) и анионов (б) из удобрения

С течением времени масса ионов магния изменялась незначительно (от 6,9 до 10,5 мг). Для других исследуемых катионов наблюдали тенденцию к увеличению их масс с течением времени в среднем в 1,6 раза. Профили высвобождения ионов аммония и калия были схожи между собой, что не

противоречит теоретическим расчетам.

Исследуемые анионы по их содержанию в УКД, согласно расчетам, можно было расположить в следующий ряд: $\text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-}$. Аналогичным образом кривые высвобождения данных ионов располагались на графике, построенном по экспериментальным данным (рис. 2б). Известно, что нитраты хорошо растворимы в воде, а сульфаты и фосфаты способны образовывать в водных растворах мало- и нерастворимые соединения. Согласно полученным данным, ожидаемое содержание фосфат-ионов должно было быть ниже, чем сульфатов. На практике, профили высвобождения данных ионов в растворе были практически идентичны.

Рассмотрение динамики высвобождения исследуемых анионов из удобрений с течением времени позволило проследить тенденцию к росту их масс в растворе. В целом за период наблюдения (108 суток) доля высвободившихся из УКД ионов калия составила 33,9; магния – 12,2; аммония – 42,7; нитрат- – 44,3; сульфат- – 35,9; фосфат-ионов – 83,6%.

Между значениями удельной электропроводности и масс неорганических ионов существует прямая корреляционная взаимосвязь ($R = +0,89$ – $+0,99$) (табл.). В связи с чем удельную электропроводность можно рекомендовать как критерий для оценки профиля высвобождения питательных веществ из УКД, так как ее измерение является быстрой и простой операцией. Данный подход можно использовать для лабораторной оценки и прогноза пролонгированного действия удобрений.

Таблица 1 – Значения коэффициента корреляции (R) между электропроводностью и массой неорганических ионов в растворе

Катионы			Анионы		
K^+	Mg^{2+}	NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
+0,97	+0,89	+0,97	+0,99	+0,97	+0,99

Таким образом, показатель электропроводности может быть рекомендован для моделирования профиля высвобождения питательных веществ из УКД в водной среде. Между значениями удельной электропроводности и масс неорганических ионов в растворе существует прямая корреляционная взаимосвязь.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги» рег. № 1021051202042-2-1.6.19.

Литература

1. Kidin V.V., Shibalkin A.E., Kagirowa M.V. Imbalance of nutritional substances of the soil at the modern stage of development of agricultural production in Russia // Eurasian Journal of Soil Science. – 2019. – V. 8. – No. 2. – P. 167-175. doi: 10.18393/ejss. 551268.

2. Ashitha A., Rakhimol K.R., Jyothis M. Chapter 2 – Fate of the conventional fertilizers in environment // *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*. – Academic Press, 2020. – P. 25-39. doi: 10.1016/B978-0-12-819555-0.00002-9.
3. Controlled release fertilizer: A review on developments, applications and potential in agriculture / P. Vejan, T. Khadiran, R. Abdullah, N. Ahmad // *Journal of Controlled Release*. – 2021. – V. 339. – P. 321-334. – doi: 10.1016/j.jconrel.2021.10.003.
4. Superhydrophobic controlled-release fertilizers coated with bio-based polymers with organosilicon and nano-silica modifications / S. Zhang, Y. Yang, B. Gao [et al.] // *Journal of Materials Chemistry A*. – 2017. – V. 5. – No. 37. – P. 19943-19953. – doi: 10.1039/C7TA06014A.
5. Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers / S. Fertahi, M. Ilouk., Y. Zeroual [et al.] // *Journal of Controlled Release*. – 2021. – V. 330. – P. 341-361. – doi: 10.1016/j.jconrel.2020.12.026.

УДК 573.6:579.844
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД

Трухина Е.Л., Зыкова Ю.Н., Ахмедов Г.Р.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
nm-flora@rambler.ru

Аннотация. Для предпосевной инокуляции семян ячменя использовали моно- и мультивидовые консорциумы на основе цианобактерий. Анализ результатов наглядно показал, что консорциумы на основе цианобактерий, бацилл и актинобактерий повышают эффективность действия предпосевной бактериализации семян, увеличивая биометрические показатели растений ячменя на 30,88-36,60%, а также снижая количество пораженных фитопатогенами семян.

Ключевые слова: ячмень, регуляторы роста, цианобактерии, бациллы и актинобактерии.

Современное сельское хозяйство широко использует биопрепараты на основе микроорганизмов, в основном из рр *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Rizobium*, *Azotobacter*, *Streptomyces*, *Lactobacillus*. Все эти микроорганизмы служат биоагентами для создания многофункциональных препаратов, которые могут решить сразу несколько задач: защита от вредителей и болезней; стимуляция процесса роста и развития; улучшение качества получаемой сельскохозяйственной продукции, повышение плодородия почв и др.

Цианобактерии (ЦБ) в практике сельского хозяйства используют для повышения урожая риса в условиях полевого земледелия, в странах юго-

восточной Азии. Работы по многофункциональному использованию ЦБ в практике сельского хозяйства, лесного хозяйства и декоративного цветоводства в условиях Кировской области ведутся более 50 лет на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ [1]. Действующим началом в многофункциональных биопрепаратах являются различные виды ЦБ, которые выделены из почвы в чистую культуру сотрудниками кафедры, и поддерживаются в жизнеспособном состоянии в музее фототрофных микроорганизмов. Для расширения и усиления агрономически полезных свойств ЦБ их используют совместно с другими микроорганизмами.

Цель работы – провести сравнительный анализ предпосевной инокуляции семян одно-, двух- и трехкомпонентными ассоциациями на основе *Nostoc paludosum*, *Bacillus subtilis*, *Streptomyces wedmorensis* на рост и развитие растений ячменя.

Объекты и методы. В работе использовали семена ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Изумруд. Выведен методом экспериментального мутагенеза селекционерами Вятской ГСХА [2-5]. Допущен к использованию (Госреестр) по 2-му региону. Сорт среднеспелый, склонен к полеганию, сильно восприимчив к пыльной головне, урожайность в регионе 25,5 ц/га.

Для инокуляции семян использовали микроорганизмы: ЦБ, бациллы (БЦ) и актинобактерии (АБ):

- *Nostoc paludosum* шт 18 из коллекции кафедры культивировали на среде Громова № 6 без азота. ЦБ обладают комплексом ростактивирующих веществ и положительно действуют на корневую систему, улучшают плодородие почвы, увеличивают в ней содержание азота, стимулируют активность почвенной биоты, благодаря накоплению органических веществ, оказывают фитосанитарный эффект [6, 7]

- *Bacillus subtilis* шт D26 из коллекции кафедры на среде – мясопептонный агар (МПА). Это вид спорообразующих факультативно аэробных почвенных бактерий. Является продуцентом некоторых полипептидных антибиотиков, а также ферментов: протеаз, амилаз, аминокислот и некоторых полисахаридов и других соединений. Также является продуцентом полипептидных антибиотиков. Благодаря наличию антагонистических свойств против целого ряда возбудителей, в том числе фитопатогенов используется в биозащите растений [8].

- *Streptomyces wedmorensis* шт 38.11 из коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого выращивали в течение 5 суток в жидкой питательной среде Гаузе 1. Стрептомицеты способны к синтезу широкого спектра биологически активных веществ разнообразного действия [8].

Опыт закладывали методом рулонных культур в 4-х кратной повторности из расчета по 50 семян на повторность.

Инокуляцию семян проводили путём выдерживания их перед посевом в течение суток в суспензиях приготовленных согласно вариантам опыта (табл. 1).

При анализе всхожести семян на 7-е сутки оказалось, что инокуляция семян трехкомпонентной ассоциацией на основе ЦБ+БЦ+АБ увеличила всхожесть по сравнению с контролем на 18% (табл. 1, рис. 1).

Анализ морфометрических показателей *Hordeum vulgare* проводили на 10-е сутки.

Влияние микробиологической инокуляции семян в большей степени, чем на всхожесть, подействовало на такие показатели как длина корней и высота проростков (табл. 1). В первую очередь инокуляция влияет на интенсивность роста надземной части, так в пяти из шести опытных вариантов высота проростков была выше контрольных, с максимальной величиной в варианте с трёхкомпонентной ассоциацией на основе ЦБ+БЦ+АБ (вариант 7), где отмечали достоверное увеличение высоты проростков на 30,88% по сравнению с контролем.

Таблица 1 – Влияние микробных консорциумов на всхожесть, рост и развитие проростков ячменя

№ п/п	Вариант	Всхожесть, %	Высота проростков, см	Количество корней, шт	Длина корней, см
1.	Контроль	73	13,6±0,91	5,3±0,08	15,3±0,76
2.	<i>Nostoc paludosum</i>	87	15,3±0,84	5,6±0,02	20,2±0,98
3.	<i>Bacillus subtilites</i>	80	15,1±0,10	5,4±0,04	19,6±0,83
4.	<i>Streptomyces wedmorensis</i>	81	15,0±0,73	5,6±0,07	20,3±0,25
5.	<i>Nostoc paludosum</i> + <i>Bacillus subtilites</i>	84	16,4±0,66	5,8±0,01	20,7±0,98
6.	<i>Nostoc paludosum</i> + <i>Streptomyces wedmorensis</i>	82	17,0±0,92	5,9±0,03	20,7±0,52
7.	<i>Nostoc paludosum</i> + <i>Bacillus subtilites</i> + <i>Streptomyces wedmorensis</i>	91	17,8±0,12	6,0±0,01	20,9±0,79

В этом же варианте наблюдали увеличение количества и длины корней на 13,20% и 36,60% соответственно по сравнению с контролем.



Рисунок 1 – Внешний вид рулонных культур при снятии опыта

Результаты учета пораженных семян и проростков ячменя показали, что инокуляция семян трехкомпонентной микробной ассоциацией достоверно ингибировала развитие фитопатогенов как на семенах, так и на проростках (рис. 2).

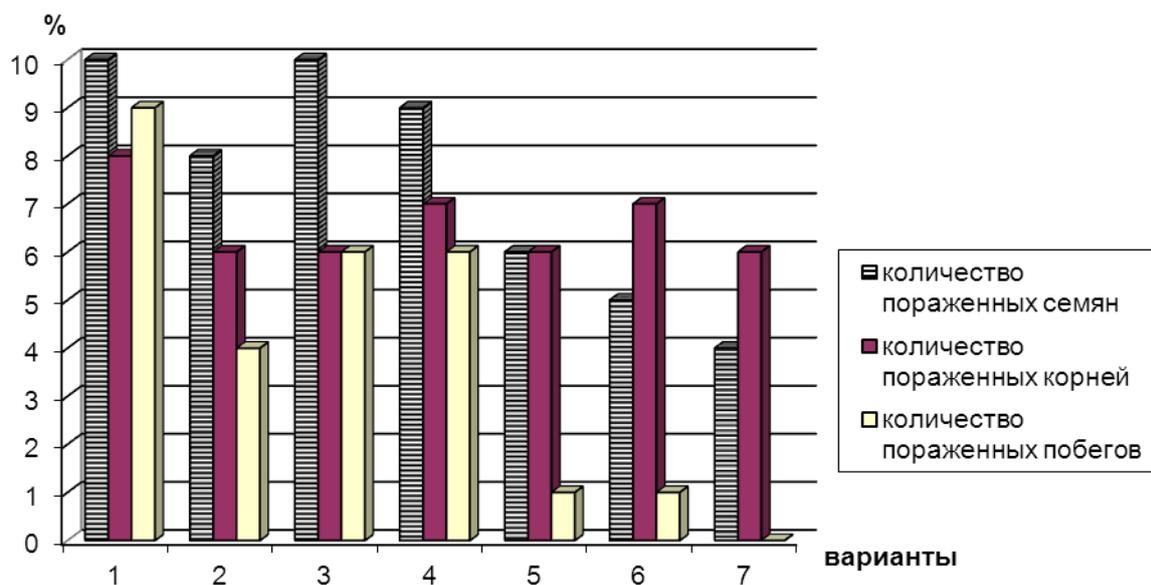


Рисунок 2 – Влияние микробиологической инокуляции семян ячменя сорта Изумруд на пораженность проростков.

Варианты: 1 – Контроль (без обработки); 2 – *Nostoc paludosum*; 3 – *Bacillus subtilites*; 4 – *Streptomyces wedmorensis*; 5 – *Nostoc paludosum*+*Bacillus subtilites*; 6 – *Nostoc paludosum*+*Streptomyces wedmorensis*; 7 – *Nostoc paludosum*+*Bacillus subtilites*+*Streptomyces wedmorensis*

Таким образом, наглядно доказана перспективность использования ЦБ в составе консорциумов с агрономически полезными микроорганизмами.

Результаты исследований могут быть использованы для разработки биотехнологий выращивания ярового ячменя, позволяющих получать посевы экологически безопасной продукции.

Литература

1. Панкратова Е.М., Трефилова Л.В. Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – №1. – С. 4-14.
2. Дудин Г.П., Помелов А.В., Емелев С.А. Оценка ярового ячменя сорта Изумруд в конкурсном и государственном испытаниях // Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора С.Ф. Тихвинского. – Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2013. – С. 31-35.
3. Емелев С.А. Активность биологических протравителей семян на яровом ячмене // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. – № 9 (191). – С. 5-10.
4. Сорт «Биос 1» как исходный материал для селекции ячменя / Н.А. Жилин, И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова, С.А. Емелев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 2. – С. 96-100.
5. Оценка состояния почв г. Кирова методами химического анализа и биодиагностики / С.Г. Скугорева, Л.И. Домрачева, М.А. Бушковская, Л.В. Трефилова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: ВятГУ, 2017. – С. 119-124.
6. Исследование состава и свойств веществ культуральной жидкости почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* / А.И. Фокина, С.А. Вахмянина, Л.И. Домрачева [и др.] // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Матер. XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. – Киров: ВятГУ, 2018. – С. 193-196.
7. Оценка влияния почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* на растения ячменя / А.И. Фокина, Л.И. Домрачева, С.Ю. Огородникова [и др.] // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: ВятГУ, 2019. – С. 227-231.
8. Товстик Е.В., Широких И.Г., Домрачева Л.И. Оценка совместного действия цианобактерии *Fischerella muscicola* и стрептомицетов на растения в модельном опыте // Теор. и прикл. экол. – 2017. – №1. – С. 83-88.

УДК 631.45:631.11

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Тукмачева Е.В.

Омский аграрный научный центр

res81@mail.ru

Аннотация. В результате проведенных исследований установлено, что в 2018 г. в фазу кущения озимой пшеницы проявился слабовыраженный фитотоксический эффект в варианте с инокуляцией ризоагрином по отношению к почвенному контролю. Однако к фазе налива зерна озимой пшеницы угнетения длины корешков не обнаружено. Математическая обработка показала наличие средней корреляционной зависимости ($r=0,63-0,78$) между длиной корешка и численностью почвенных грибов в 2018-2019 гг.

Ключевые слова: озимая пшеница, фитотоксичность, минеральные удобрения, солома, инокуляция.

Снижение урожайности сельскохозяйственных культур из-за образования микроорганизмами фитотоксичных веществ фенольной природы при разложении соломы – одна из актуальных проблем земледелия [1]. Известно, что инокуляция семян биопрепаратами повышает численность почвенных микроорганизмов, в том числе и грибов, среди которых присутствуют фитотоксичные виды [2, 3].

В этой связи, целью исследований было определить фитотоксичность почвы под посевами озимой пшеницы на различных фонах питания при обработке семян биопрепаратами комплексного действия.

Полевой опыт был заложен в 2018-2019 гг. Почва – лугово-черноземная среднесиловатая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 6,8%, без осенней обработки (минимальная). Инокуляция семян озимой пшеницы (сорт Прииртышская) Ризоагрином (ВНИИСХМ, г. Пушкин) проводилась из расчета 600 г на гектарную норму. В течение вегетационного периода 3 раза в основные фазы развития растений пшеницы (кущение, колошение, налив зерна) отбирались почвенные пробы и проводился анализ токсичности почвы с помощью биотеста. Токсичными считаются почвы, снижающие всхожесть семян не менее, чем на 20% [4]. Общая токсичность определялась при сравнении длины проростков тест-культуры (редиса красного с белым кончиком) вариантов опыта с чистой водой, биологическая – с почвой контрольного варианта.

Период вегетации 2018 г. был достаточно увлажненным, гидротермический коэффициент составил 1,31 ед., при норме 1,10. В 2019 г. погодные условия с мая по август были в пределах среднемноголетней нормы – 193 мм при норме 206 мм. Температура воздуха за период вегетации соответствовала среднемноголетней (16,5 и 16,7⁰С), с отклонением в 0,2⁰С. ГТК за май-август 2019 г. составил 0,99.

Исследованиями, проведёнными в 2018 г., установлено, что в фазу кущения проявился фитотоксический эффект в варианте N₁₅P₂₃ + солома +инокуляция как по отношению к чистой воде, так и к почвенному контролю, уменьшение длины корешка тест-культуры составило 41-140% соответственно (рис. 1). В этот период отмечено увеличение численности почвенных грибов в указанном варианте на 80% к контролю. Наибольшее количество фитотоксичных форм среди грибов принадлежит родам *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* [3]. Ранее проведенные исследования также показали снижение длины корешка тест-культуры при росте численности почвенных грибов [5].

В фазу колошения озимой пшеницы в вариантах контроль и инокуляция наблюдалось уменьшение корешка в сравнении с чистой водой до 16%, в пределах ошибки определения (20%). В варианте N₁₅P₂₃ + солома +инокуляция отмечен выраженный фитотоксический эффект, 35% по отношению к чистой воде, что также, вероятно, связано с ростом почвенных грибов на 27% по отношению к контролю. К периоду налива зерна, угнетения длины корешка тест-культуры выявлено не было, снижение сменилось стимуляцией роста.

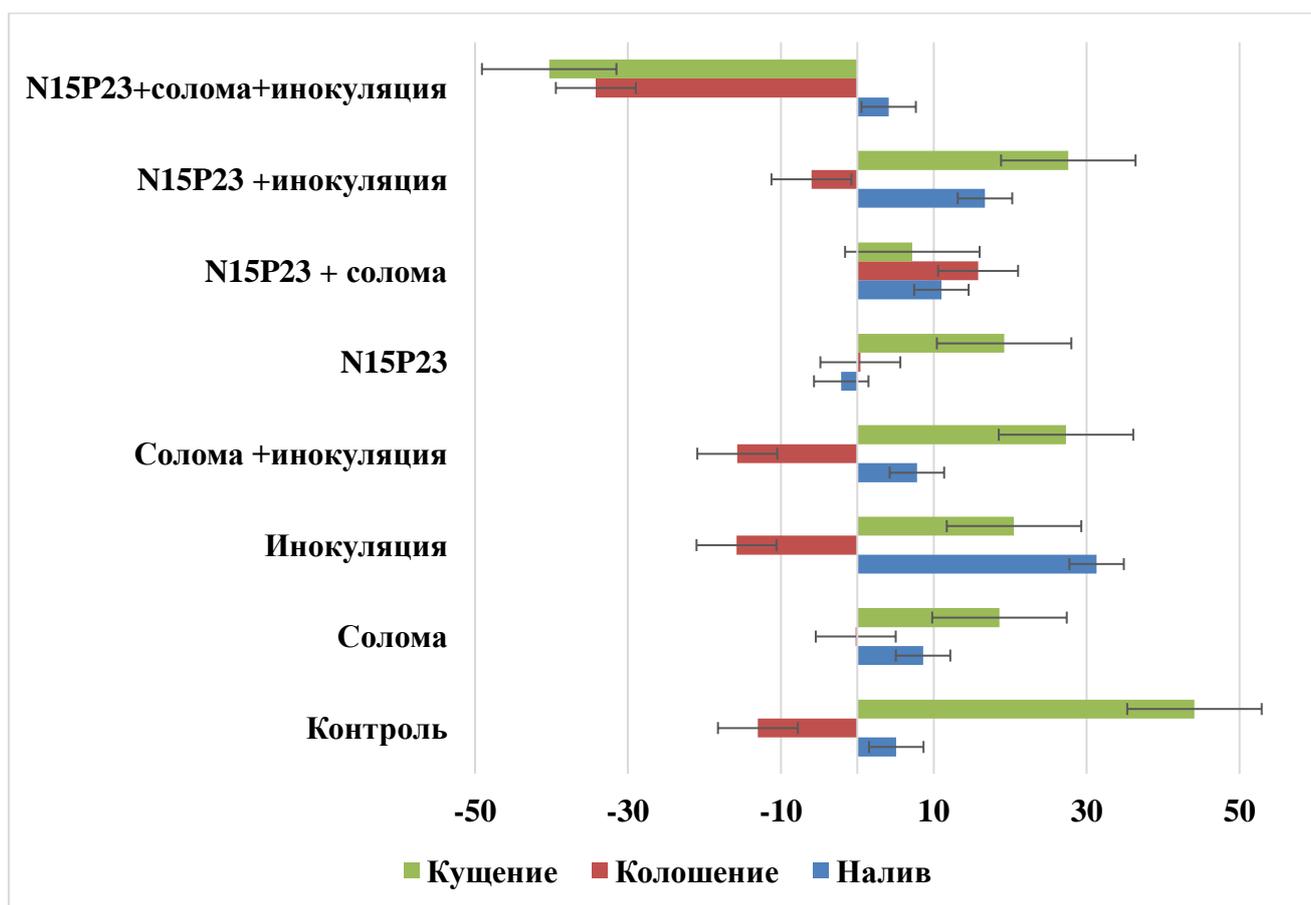


Рисунок 1 – Длина корешка тест-культуры, %, 2018 г.

Примечание – вариант чистая вода взят за 100%.

В 2019 г. отмечено снижение длины корешка тест-культуры по отношению к чистой воде (общая токсичность) в некоторых вариантах опыта (рисунок 2). В фазу кущения зафиксировано уменьшение (до 11%) длины корешков у проростков в вариантах солома, солома+инокуляция, N₁₅P₂₃ +

солома и N₁₅P₂₃ + солома +инокуляция, что, возможно, связано с ростом численности почвенных грибов в ризосфере озимой пшеницы в указанных вариантах до 13 % к контролю.

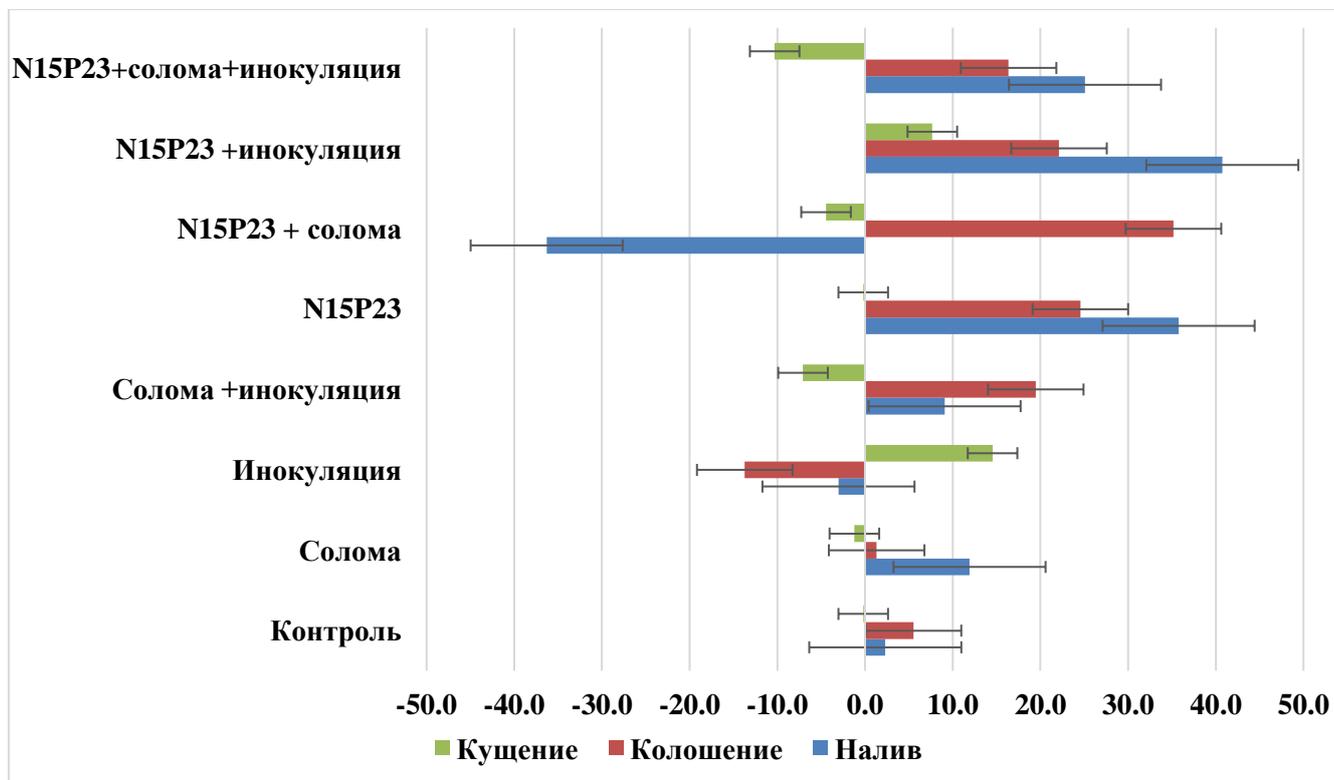


Рисунок 2 – Длина корешка тест-культуры, %, 2019 г.
Примечание – вариант чистая вода взят за 100%.

Корреляционный анализ выявил связь средней тесноты между токсичностью почвы и численностью почвенных грибов ($r=0,68$). В варианте с инокуляцией семян в фазу колошения наблюдалось снижение длины корешка тест-культуры в сравнении с чистой водой на 16%. В эту фазу также отмечена высокая корреляционная связь количества грибов с фитотоксичностью ($r=0,73$). В период налива зерна снижение длины корешка отмечено в варианте N₁₅P₂₃+солома по отношению, как к чистой воде, так и почвенному контролю на 41-60% соответственно. Параллельные исследования численности почвенной микрофлоры показали рост количества грибов в указанном варианте на 12% в сравнении с контролем.

Таким образом, в годы исследований наблюдался фитотоксический эффект в отдельных вариантах опыта, что, вероятнее всего, связано с увеличением численности почвенных грибов ($r=0,68-0,73$).

Литература

1. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 344 с.
2. Ступина Л.А. Влияние стимуляторов роста и азотных минеральных удобрений на микробиологическую активность чернозема выщелоченного и

урожайность яровой пшеницы в условиях Алейской степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (173). – С. 5-11.

3. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль // Фитотоксичные свойства почвенных микроорганизмов. – Л., 1978. – С. 7-31.

4. Определение суммарной токсичности почвы, корневой системы и конечной продукции при применении химических средств защиты растений; методика и результаты / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе, Л.П. Воронина, Л.В. Коваленко // Вестн. с.-х. науки. – 1991. – № 6 (417). – С. 63-71.

5. Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Тукмачева Е.В. Фитотоксичность чернозема выщелоченного при выращивании ячменя ярового // Вестник Омского ГАУ. – 2016. – №4 (24). – С. 52-57.

УДК 582.26

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЧВЕННЫЕ КОРОЧКИ В СУХОСТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БАЙКАЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Тупикова Г.С., Егорова И.Н.
СИФИБР СО РАН

galina93shambueva@mail.ru, egorova@sifibr.irk.ru

Аннотация. Одной из доминирующих групп биологических почвенных корочек, развивающихся на поверхности щелочных карбонатных почв степных биогеоценозов Байкальской котловины, являются цианопрокариоты, играющие важную роль в функционировании аридных и семиаридных экосистем. Доля цианопрокариот в составе почвенного альгоцианокомплекса составляет до 40%. Впервые показано, что в составе почвенных корок района значительная роль принадлежит *Nostoc commune*. Установлено, что в сухостепных сообществах этот вид наращивает биомассу до 2 г/м². При этом он занимает большую по площади территорию, до нескольких квадратных километров. Регулярное отчуждение колоний может привести к существенному снижению его биомассы в 2-6 раз. Это свидетельствует о низкой скорости возобновления макроколоний вида в исследуемых растительных сообществах.

Ключевые слова: цианопрокариоты, степные растительные сообщества, биомасса, Байкальская котловина.

В горах Южной Сибири широко представлены степные экосистемы, имеющие большое значение для хозяйственной деятельности человека. Как правило, они занимают днища котловин и подножия горных хребтов. Не исключение Байкальская котловина. Здесь степные растительные сообщества функционируют на значительных по площади территориях. Они развиваются в дождевой тени Приморского и Байкальского хребтов, окаймляющих озеро Байкал. В альгологическом отношении это крайне слабо изученные природные сообщества. Можно выделить лишь несколько крупных исследований, в

которых рассматривались бы вопросы разнообразия наземных водорослей [1; 2; 3].

Нами на протяжении ряда лет ведутся исследования на юго-западном побережье оз. Байкал в окрестностях села Большое Голоустное (Иркутская область). На территории изысканий распространены верхнепротерозойские сильно метаморфизованные карбонатно-силикатные породы (доломиты, известняки, кварциты и др.), что обусловило широкое развитие щелочных карбонатных почв. По характеру увлажнения она близка к таковой сухой степи Казахстана, а по теплообеспеченности – к средней тайге Якутии. Недостаток атмосферного увлажнения, преобладание испарения над осадками, из-за чего в почве значительную часть года имеется недостаток влаги, сложный микро- и мезорельеф, особенности протекания физико-химических процессов в почве в таких условиях способствуют развитию сложной мозаики почвенно-растительного покрова. Нами установлено, что на исследуемой территории в окрестностях с. Б. Голоустное от подножия горного склона по направлению к побережью Байкала происходит последовательная смена горно-степных сообществ, развитых на каштановых почвах, настоящими степями, затем сырым лугом, функционирующим на лугово-каштановой почве. Неотъемлемым компонентом степей являются биологические почвенные корочки, доминирующими организмами которых выступают мохообразные, лишайники и цианопрокариоты. Особенностью изученных сообществ является широкая представленность макроскопической нитчатой колониальной цианопрокариоты *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault. Этот вид способен к оксигенному фотосинтезу и фиксации атмосферного азота, играет большую роль в функционировании ряда наземных экосистем.

Показано, что каштановые почвы здесь средне- и легкосуглинистого механического состава, щелочные, карбонатные, с высоким содержанием гумуса (от 8,6 до 17,8%), максимальные его значения зарегистрированы в почве под лугом. Высокое содержание гумуса, вероятно, связано с большим количеством в верхних горизонтах почв неразложившихся растительных остатков, так как в сухой степи деструкционный процесс замедленный. Обогащенность гумуса азотом (отношение C:N) варьируется от очень высокой, менее 5, до низкой, 11-14. Это может свидетельствовать о том, что процессы минерализации органического вещества в исследуемых каштановых почвах идут с разной скоростью и могут преобладать над процессами гумификации. По направлению от склона к берегу Байкала установлено изменение физико-химических свойств почв, также как и значительная их изменчивость на отдельных участках.

В исследованных почвах в настоящее время зарегистрировано 60 видов водорослей и цианобактерий. Преобладают зеленые хлорофитовые водоросли, 48,4% от числа найденных видов, и цианопрокариоты, 40%, что свойственно почвам степей. Бедно представлены диатомовые (5%), стрептофитовые (3,3%) и желтозеленые (3,3%) водоросли. Роль диатомовых усиливается в почве сырого луга. Альгомплеск лугово-каштановых почв значительно отличается (на 30-40% по видовому составу) от альгокомплексов под степными сообществами.

Зарегистрированы представители 51 рода. Среднее число видов в роде 1,2. Низкая видовая насыщенность родов может являться следствием достаточно суровых условий обитания в сухих степных почвах. Наибольшее число видов найдено в составе рода *Nostoc* – 3. Еще 5 родов насчитывают по два представителя: *Leptolyngbya*, *Jaaginema* (Cyanoprokaryota), *Bracteacoccus*, *Chlorosarcinopsis*, *Pleurastrum* (Chlorophyta). Состав и структура альгокомплексов степей Байкальского региона сходны с таковыми других аридных регионов Евразии.

Nostoc commune является одним из доминирующих видов альгоцианокомплексов степей. Он формирует макроколонии на почве в степных сообществах и пионерных растительных группировках, развивающихся на островах в русле р. Голоустной и ее каменистых берегах. Выявлено, что продуктивность вида в изученных степных сообществах – невысокая, до 2 г сухой массы /м². Она сопоставима с таковой опустыненных степей Тувинской котловины [4]. На примере изысканий 2021 г. показано, что наиболее высокую биомассу вид формировал в начале периода вегетации (данные для первой декады июля). В этот период в районе работ выпало значительное количество осадков, что несвойственно территории исследований. Здесь большая их часть приходится на вторую половину лета и начало осени. Регулярное отчуждение макроколоний *N. commune* привело к снижению его биомассы в 2-6 раз к концу периода вегетации. Это может свидетельствовать о том, что прирост биомассы вида в значительной степени происходил за счет увеличения в размерах макроскопических колоний, сформированных в начале сезона или перезимовавших. Тогда как образование таких колоний *de novo* – достаточно долгий процесс.

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что медленные темпы прироста *N. commune*, имеющего большое значение для экосистем как азотфиксатора, в условиях сухой степи в районе работ делают его уязвимым к антропогенному изменению экосистем. При высокой антропогенной нагрузке вид как макроскопическое образование может исчезнуть. В настоящее время резко возрастает поток туристов на озеро Байкал. В одной из провинций Китая в результате опустынивания степей, во многом обусловленном деятельностью человека, с 1960 по 1980 гг. почти в 3 раза уменьшилась территория, на которой развивается макроскопический наземный вид *Nostoc flagelliforme*. С 1970 по 1990 гг. его продуктивность снизилась в 50 раз [5]. Исчезновение макроскопических наземных разрастаний рода *Nostoc*, способных с высокой скоростью фиксировать атмосферный азот и переводить его в доступные для других организмов формы, а также накапливать значительные количества азота, сопоставимые с бобовыми растениями и лишайниками, может являться еще одним фактором, приводящим к замедлению темпов восстановления экосистем. Исследования в этом направлении необходимо продолжить.

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность Е.Н. Максимовой за предоставленные отдельные образцы вида из района работ.

Литература

1. Андреева В.М., Сдобникова Н.В. О почвенных водорослях степных районов Прибайкалья // Новости систематики низших растений. – 1975. – Т. 12. – С. 81-88.
2. Перминова Г.Н., Гутишвили И.С., Китаев Е.В. Почвенные водоросли фитоценозов Байкальского заповедника // Водоросли, лишайники, грибы и мохообразные в заповедниках РСФСР: Сб. науч. трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР. – М., 1989. – С. 17-26.
3. Сафонова Т. А. Синезеленые водоросли (Cyanoprokaryota) на каменистых субстратах Прибайкалья // Turczaninowia. – 2002. – Т. 5, вып. 1. – С. 68-75.
4. Шушуева М.Г. Почвенные водоросли степных сообществ Тувы // Степная растительность Сибири и некоторые черты ее экологии. – Наука: Новосибирск, 1982. – С. 121-129.
5. A proposal on the restoration of *Nostoc flagelliforme* for sustainable improvement in the ecology of arid steppes in China / X. Gao, H. Xu, S. Ye, W. Liang // Environments. – 2016. – Vol. 3, N 14. – P. 1-6.

УДК 57.047+57.044+543.6
АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА МЕЛИССЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ
В УСЛОВИЯХ КОНТАМИНАЦИИ СУБСТРАТОВ ВЫРАЩИВАНИЯ
МИКРОМИЦЕТОМ *FUSARIUM CULMORUM*

Фокина А.И.¹, Скугорева С.Г.², Кислицына Е.А.¹

¹ ФГБОУ ВО Вятский ГУ
annushka-fokina@mail.ru

² ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
skugoreva@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние распространенных факторов выращивания (тип субстрата для выращивания, внесение комплексного удобрения и фитопатогена – микромицета *Fusarium culmorum*) в лабораторных условиях на содержание суммы антиоксидантов, фенольных соединений (ФС) и малонового диальдегида (МДА) в мелиссе лекарственной. Растения, выращенные на садовом грунте, характеризовались высоким уровнем окислительного стресса по сравнению с растениями на торфогрунте, что может быть обусловлено недостатком элементов питания. При внесении в торфогрунт *F. culmorum* и удобрения отмечали некоторое усиление накопления МДА и антиоксидантов, что может свидетельствовать об интенсификации биохимических процессов, в том числе окислительных, в клетках растений.

Ключевые слова: мелисса, микромицеты, окислительный стресс, фенольные соединения, антиоксиданты.

Мелисса лекарственная содержит множество полезных химических соединений, что обуславливает ее широкое применение в качестве лекарственного растительного сырья [1]. Одним из ведущих свойств мелиссы

является антиоксидантная активность. Антиоксиданты – вещества, которые нейтрализуют свободные радикалы, тем самым препятствуют окислительным процессам в клетках живых организмов. В организме свободные радикалы накапливаются в результате окислительного стресса. К антиоксидантам относятся многие фенольные соединения. Фенольные соединения (ФС) – вещества, содержащие ароматические кольца с гидроксильными группами, и их производные. В мелиссе лекарственной ФС представлены в основном производными кофейной кислоты, в частности, розмариновой кислотой, содержание которой является отличительной чертой семейства Яснотковые [2, 3]. Таким образом, качество растительного сырья зависит от содержания в нем антиоксидантов.

Благодаря своим полезным свойствам, мелисса лекарственная становится популярной для выращивания в комнатных условиях. Однако условия выращивания могут быть различными, что сказывается на качестве получаемого продукта. Используемый для выращивания грунт может быть контаминирован фитопатогенами, в том числе микромицетами рода *Fusarium*. Из научной литературы известно, что восприимчивость сельскохозяйственных культур к болезням и агрессивность патогена во многом зависят от условий окружающей среды, которые могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние.

Целью работы было изучить влияние распространенных факторов выращивания (тип субстрата для выращивания, внесение комплексного удобрения и фитопатогена – микромицета *Fusarium culmorum*) в комнатных условиях на содержание суммы антиоксидантов, фенольных соединений и малонового диальдегида в мелиссе лекарственной.

Объекты и методы исследования. Мелиссу лекарственную сорта «Лимонный аромат» высаживали в два различных субстрата: 1 серия опыта – грунт садовый (рН = 7,1; С(К₂О) = 9 мг/100 г, С(Р₂О₅) = 141 мг/кг); 2 серия опыта – торфосмесь для выращивания растений (рН=5,9, С(К₂О) > 18 мг/100 г, С(Р₂О₅)=654 мг/кг). Варианты в каждой серии: К – контроль (субстрат без внесения добавок); F – субстрат + *F. culmorum*; У – субстрат + удобрение «УНИВЕРСАЛ – 18:18:18+3MgO+МЭ»; У+F – субстрат + *F. culmorum* + удобрение «УНИВЕРСАЛ – 18:18:18+3MgO+МЭ». Культура *F. culmorum* для эксперимента была предоставлена сотрудниками кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ (г. Киров).

В обеих сериях опыта растения выращивали при температуре 18±2 °С под фитолампой, соблюдая режим смены дня и ночи (12 ч/12 ч). Через два месяца в листьях растений мелиссы определяли содержание малонового диальдегида (МДА) [4], в спиртовой вытяжке (70% этиловый спирт) общую антиоксидантную активность методом перманганатометрии [5] и содержание ФС с реактивом Фолина-Чокальтеу [6].

Результаты и их обсуждение. В научной литературе приводится много данных о возникновении окислительного стресса в растениях под действием различных факторов, сочетание которых может приводить к разным эффектам [7, 8]. Так и в результате нашего эксперимента, направленного на выявление

влияния фитопатогена *F. culmorum*, установлено, что при равных физических факторах (температура, освещенность) огромное значение имел тип субстрата для выращивания. Данный фактор влиял на работу антиоксидантной системы растений (рис. А–В).

Садовый грунт представлял по механическому составу средний суглинок, торфогрунт – рыхлый субстрат с включением частично разложившихся растительных фрагментов. Садовый грунт существенно плотнее торфогрунта и беднее питательными элементами. В целом выращивание Melissa на садовом грунте (серия 1) привело к большему накоплению МДА и ФС в растениях, по сравнению с аналогичным на торфогрунте. Добавление микромицета (F1) и удобрения (У1) привело к снижению значений ФС и МДА, по сравнению с контролем (К1) в большей степени в варианте с внесением удобрения и микромицета (У1+F1). Все три показателя (содержание МДА, ФС и суммы антиоксидантов) находятся между собой в тесной корреляционной взаимосвязи ($R(\text{ПОЛ}/\text{АОА}) = 0,99$; $R(\text{ПОЛ}/\text{ПФ}) = 0,83$; $R(\text{ПФ}/\text{АОА}) = 0,90$). Известно, что ФС являются вторичными метаболитами растений, принимают участие во многих биохимических процессах. Эти соединения относятся также и к стрессовым метаболитам, синтез которых резко возрастает при поражении растения, что предполагает их участие в комплексной защитной реакции. Увеличение содержания ФС, как отклик на окислительный стресс, было установлено и для других растений, например, тополя бальзамического [7] и яровой тритикале [8].

Реакция антиоксидантной системы Melissa, выращенной на торфогрунте, была иной. По отдельным показателям можно проследить определенные тенденции: некоторое увеличение ПОЛ и суммы антиоксидантов в присутствии удобрения (У2) и микромицета (F2), снижение содержания ФС по сравнению с контролем (К2), содержание МДА и ФС значительно ниже, чем в аналогичных вариантах с использованием садового грунта. Наибольшая взаимосвязь между значениями МДА и ФС проявилась во второй серии опыта ($R=-0,73$). Между остальными параметрами взаимосвязи не установлено.

Результаты эксперимента показали, что содержание ФС и суммы антиоксидантов достаточно низкое в растениях обеих серий. Так, например, результаты проведенных ранее опытов по выращиванию Melissa в комнатных условиях показывают, что содержание ФС в двухмесячных растениях Melissa составило: при 21°C 7-24 мг галловой кислоты/г и при 29 °C 50–94 мг галловой кислоты/г соответственно [9]. В данном эксперименте содержание ФС максимально достигало 12 мг галловой кислоты/г, что ниже, чем в предыдущем опыте 2–7 раз. При этом содержание МДА, по которому можно определить уровень окислительного стресса, в раннее проведенном опыте составило 4–7 мкмоль/г (при 29°C), в настоящем исследовании (при 18°C) – от 5 до 35 мкмоль/г сырой массы соответственно [9]. Все это указывает на достаточно высокий уровень окислительного стресса и невысокое накопление антиоксидантов в растениях в данном эксперименте. Стресс настолько высок по сравнению с содержанием антиоксидантов, особенно в варианте с садовым

грунтом, что у двухмесячных растений появились внешние признаки окислительного стресса – потемнение краев листьев.

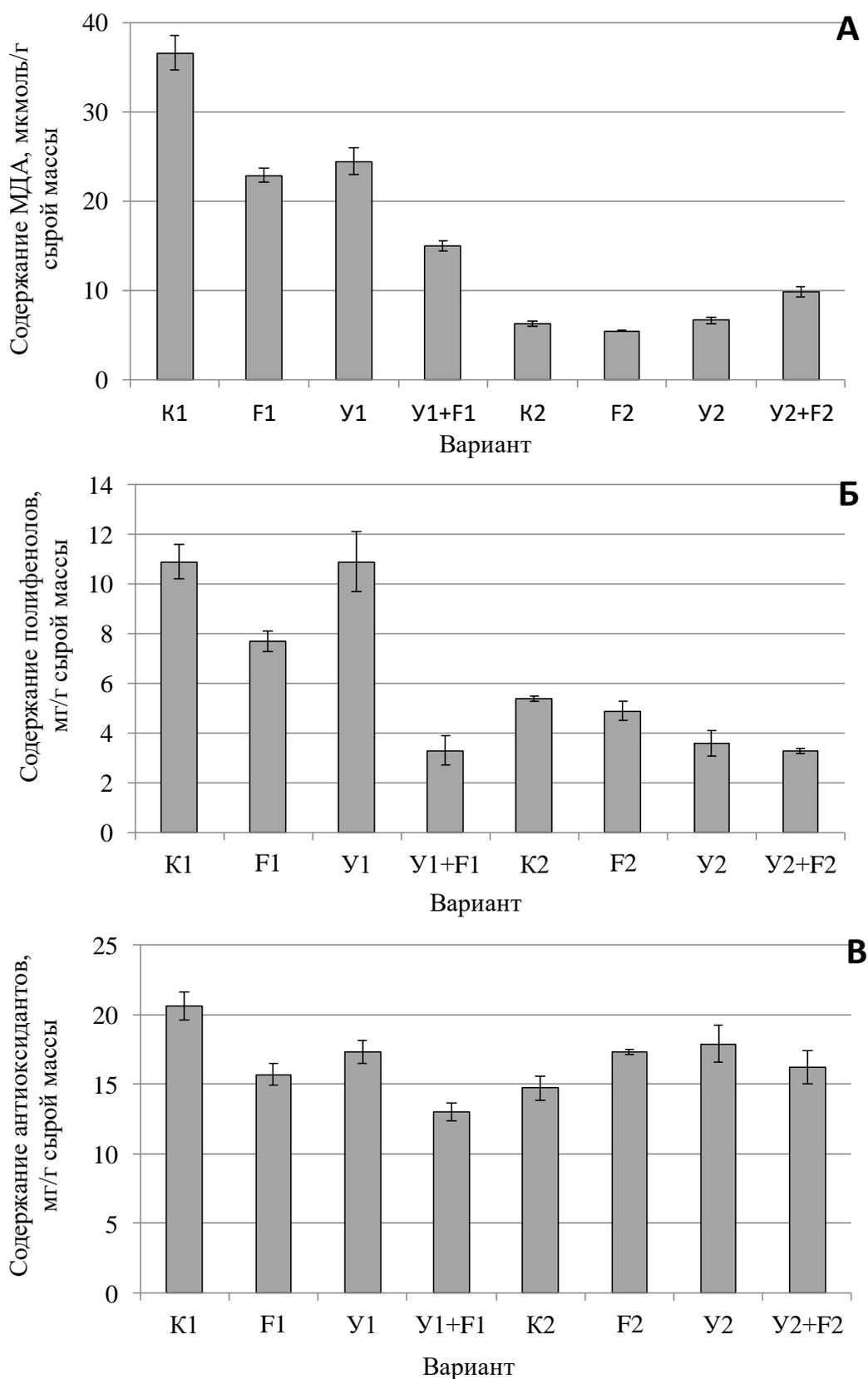


Рисунок 1 – Содержание МДА, ФС и суммы антиоксидантов в мелиссе лекарственной: К – контроль, F – *F. culmorum*, Y – удобрение «УНИВЕРСАЛ – 18:18:18+3MgO+MЭ», Y+F – *F. culmorum* + удобрение «УНИВЕРСАЛ – 18:18:18+3MgO+MЭ». Серии: 1 – грунт садовый, 2 – торфосмесь

Самый сильный окислительный стресс испытывают растения контрольного варианта (К1), выращенные на садовом грунте, что подтверждается значениями всех трех показателей. У растений данной серии, уровень стресса выше, чем у растений, выращенных на торфогрунте. Скорее всего, стресс вызван недостатком элементов питания в почве [10]. Внесение удобрения и микромицетов с культуральной жидкостью, содержащей элементы питания, позволяет улучшить условия роста и снизить уровень стресса. Имеются данные о стимуляции биохимических процессов Melissa лекарственными веществами, вырабатываемыми грибами рода *Fusarium* [11], что могло обусловить снижение окислительного стресса в первой серии опыта.

Несомненно, что температура может оказывать сильное влияние на растения, однако она была оптимальной для выращивания Melissa, согласно литературным данным. Кроме того, в дальнейших экспериментах по выращиванию Melissa лекарственной в комнатных условиях необходимо создать оптимальные условия освещения, например, использовать фитолампы как дополнительный источник к естественному освещению.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги» рег. № 1021051202042-2-1.6.19.

Литература

1. Попова Н.В., Литвиненко В.И., Бовтенко В.А. Анализ Melissa лекарственной и котовника кошачьего // Фармаком. – 2008. – № 4. – С. 30-35.
2. Пояркова Н.М., Сапарклычева С.Е. Физиологическая роль фенольных соединений // Аграрное образование и наука. – 2019. – № 4. – С. 14-19.
3. Определение фенольных соединений в лекарственных растениях семейства Яснотковых / В.В. Милевская, З.А. Темердашев, Т.С. Бутыльская, Н.В. Киселева // Журнал аналитической химии. – 2017. – № 3. – С. 273-279.
4. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2002. – 208 с.
5. Способ определения антиокислительной активности / Т.В. Максимова, И.Н. Никулина, В.П. Пахомов [и др.] // Патент Российской Федерации RU 2 170 930 С1. Заявка: 2000111126/14, 2000.05.05. Дата публикации: 2001.07.20.
6. ГОСТ Р 45588-2013 Прополис. Метод определения полифенолов. – М.: Стандартинформ, 2020. – 9 с.
7. Колтунов Е.В. Влияние ствольной гнили на фенольные соединения в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях урбанизации // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 155-161.
8. Осокина Н.В. Морфофизиологические реакции яровой тритикале и грибов рода *Fusarium* L. на воздействие регуляторов роста: дис. канд. биол. наук. – М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 135 с.
9. Влияние микромицета *Fusarium culmorum* и его антагонистов на состояние антиоксидантной системы *Melissa officinalis* L. / П.И. Гущина, С.Г. Скугорева, Я.Ю. Благодатских, Л.В. Даровских // Сборник V Международной научно-практической конференции «Современные синтетические методологии для

создания лекарственных препаратов и функциональных материалов». – Екатеринбург, 2021. – С. 56.

10. Хапугин И.А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность мелиссы лекарственной в условиях Юга нечерноземной зоны России: дисс. ... канд. с-х. наук. – Саранск, 2020. – 225 с.

11. Рябчинская Т.А., Зимина Т.В. Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современного растениеводства // Агрохимия. – 2017. – № 12. – С. 62-92.

УДК 631.46: 631.51: 631.445.42

**ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
И ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСНОЙ
ХИМИЗАЦИИ НА МИКРО- И АЛЬГОФЛОРУ
ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ**

Хамова О.Ф., Леонова В.В., Юшкевич Л.В.

ФГБНУ Омский аграрный научный центр

hamova@anc55.ru

Аннотация. Длительное применение комбинированно-плоскорезной и минимально-нулевой обработок почвы способствовало увеличению численности микроорганизмов под пшеницей после парового предшественника на 8-21% к контролю – отвальной обработке. Минимизация основной обработки почвы в сочетании с применением комплекса минеральных удобрений и средств защиты растений способствовала активизации микро- и альгофлоры, повышала урожайность яровой пшеницы.

Ключевые слова: микроорганизмы, альгофлора, обработка почвы, комплексная химизация.

Внедрение ресурсосберегающих обработок почвы в сочетании с интенсивными технологиями возделывания новых сортов зерновых культур, применением минеральных удобрений, химических средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, повышающих продуктивность агроценоза, существенно влияют на агро- и водно-физические свойства почв, питательный режим, количественный состав и жизнедеятельность почвенной микро- и альгофлоры, что требует экологического контроля за состоянием почвенных микроорганизмов.

Цель исследований – оценить воздействие систематического применения средств комплексной химизации (удобрения, гербициды, фунгициды, ретарданты) в условиях длительного стационарного опыта на численность почвенных микроорганизмов в зависимости от системы обработки почвы.

Микробиологические исследования проводились в длительном стационарном опыте в зернопаровом севообороте: пар – пшеница – пшеница – пшеница – ячмень под пшеницей после парового предшественника в вариантах обработки почвы: отвальная на глубину 20-22 см ежегодно; комбинированная

плоскорезная с глубоким рыхлением в пару на 25-27 см, вспашкой под пшеницу на глубину 20-22 см, плоскорезной под зерновые на глубину 10-12 см; минимально-нулевая без осенней обработки ежегодно. Средства химизации: контроль – без применения удобрений и пестицидов; комплексная химизация: Р60 – в паровом поле + гербициды + фунгицид + ретардант.

Почва – лугово-черноземная среднемошная среднегумусовая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 7-8%, обеспеченность подвижным фосфором средняя и повышенная, калием – высокая.

Численность почвенных микроорганизмов учитывали методом посева на твердые питательные среды [1].

Численность цианобактерий и почвенных водорослей определяли прямым микроскопическим методом Виноградского в модификации Штиной, с дополнением Некрасовой и Бусыгиной, биомассу микроорганизмов – объемно-расчетным методом [2-5].

Погодные условия лет исследований (n=5), были близки к среднемуголетней норме, с преобладанием засушливых.

Длительное применение почвозащитных обработок способствовало увеличению общей численности микроорганизмов до 21% к контролю – отвальной обработке под пшеницей после пара. Повышение численности микроорганизмов на стерневых фонах при плоскорезной и минимально-нулевой обработках почвы в сравнении со вспашкой связано с более значительным накоплением органических остатков под культурами севооборота и более экономичным их расходом при паровании. В наибольшей степени среди других определяемых микроорганизмов возросло количество бактерий, мобилизующих минеральные фосфаты и почвенных микроскопических грибов – на 17-38% по отношению к вспашке соответственно. С ростом численности этих микроорганизмов связано усиление мобилизации фосфора из труднодоступных соединений и увеличение содержания P₂O₅ в вариантах с минимизацией обработки почвы. Количество нитрифицирующих бактерий при безотвальных обработках было ниже в сравнении со вспашкой, в среднем на 23 и 14%, что связано с уплотнением и ухудшением аэрации верхних слоёв почвы, а нитрификаторы являются аэробными микроорганизмами (табл. 1). Нитрифицирующие бактерии участвуют в конечной стадии окисления восстановленных форм азота до нитратов, поэтому снижение их численности негативно влияет на накопление нитратного азота в почве при почвозащитных обработках.

Обеспеченность растений азотом нитратов при минимизации обработки почвы слабее, чем при вспашке, еще и по причине локализации растительных остатков соломы зерновых с широким соотношением C:N в пахотном слое почвы. При этом возрастает поглощение минерального азота почвенными микроорганизмами [6].

Однако определение азота нитратов в период кущения пшеницы после парового предшественника показало высокую обеспеченность этим элементом питания независимо от способа обработки почвы.

Таблица 1 – Численность микроорганизмов в лугово-черноземной почве под пшеницей после пара в зависимости от интенсивности использования (слой 0-20 см), КОЕ/г, n=45

Варианты		Фосфат-мобилизующие бактерии, млн.	Нитрификаторы, тыс.	Грибы, тыс.	Общее кол-во м/о, млн.*
Экстенсивная (контроль)	отвальная	88,1±11,6	4,4±0,3	42,0±3,5	238,0
	плоскорезная	103,7±10,9	3,4±0,2	58,0±11,0	261,0
	минимально-нулевая	118,2±18,5	3,8±0,6	49,1±3,6	287,0
Полуинтенсивная (гербициды)	отвальная	71,6±11,7	3,7±0,3	44,0±6,9	215,0
	плоскорезная	88,1±14,3	3,0±0,2	60,1±10,2	238,0
	минимально-нулевая	94,4±10,3	2,8±0,2	63,2±11,9	257,0
Интенсивная (КХ)	отвальная	90,1±20,1	4,3±0,5	53,8±9,1	262,0
	плоскорезная	106,3±16,2	4,6±0,1	69,2±14,3	276,0
	минимально-нулевая	125,6±22,3	4,1±0,2	78,5±12,1	319,0

*В таблице представлена численность только трех из семи определяемых видов микроорганизмов

При паровании многократные поверхностные обработки приводят к более существенной активизации деятельности нитрификаторов на стерневых фонах в сравнении со вспашкой, что способствовало выравниванию запасов минерального азота по всем видам обработки [7].

Таблица 2 – Влияние способа обработки почвы и средств комплексной химизации на численность и биомассу почвенных фототрофов (по данным Леоновой В.В.)

Варианты		Численность, тыс. в 1 г почвы					Биомасса, мг/100 г почвы				
		Зеленые и желтозеленые	Синезеленые (цианобактерии)	Диатомовые (живые)	Диатомовые (пустые панцири)	Всего живых	Зеленые и желтозеленые	Синезеленые (цианобактерии)	Диатомовые (живые)	Суммарная биомасса	
Контроль	отвальная	103,3	22,0	19,4	10,5	145,3	0,68	0,02	1,79	2,49	
	комбинированно-плоскорезная	105,5	14,9	18,9	41,9	139,3	0,94	0,02	2,56	3,52	
	минимально-нулевая	55,7	12,6	19,8	10,5	88,1	0,64	0,04	1,54	2,21	
Комплексная химизация	отвальная	111,0	-	34,6	31,1	145,6	0,76	-	3,85	4,61	
	комбинированно-плоскорезная	78,2	7,3	40,0	58,2	125,5	0,74	0,22	3,35	4,41	
	минимально-нулевая	109,9	23,4	32,5	45,1	165,8	2,49	0,06	2,65	5,20	

Систематическое многолетнее применение химических средств защиты растений (гербициды) по полуинтенсивной технологии негативно отразилось на численности микроорганизмов, участвующих в формировании плодородия почвы. Снизилось количество фосфатмобилизирующих и нитрифицирующих бактерий (на 18% в среднем по фактору химизации), отдельных групп микроорганизмов на 29-35% к контролю. Суммарная биологическая активность почвы при этом уменьшилась на 10% (контроль 100%). Токсическое действие гербицидов особенно заметно проявилось в засушливые периоды лет исследований в поверхностных слоях почвы при почвозащитных обработках.

Проведенными исследованиями было установлено, что применение пестицидов на фоне внесения минеральных удобрений под зерновые культуры по интенсивной технологии (комплексная химизация) не вызывало угнетающего воздействия на почвенные микроорганизмы, включая микроскопические водоросли [8, 9].

Составной частью почвенной биоты являются микроскопические водоросли и цианобактерии. Почвенные водоросли, как и высшие растения, – фототрофы. Известно, что они могут использоваться как тест-объекты для ранней биологической диагностики изменений почвенной среды и обладают высоким потенциалом диагностической информации [10, 11].

При минимизации обработки в сравнении с отвальной в почве контрольного варианта наблюдали уменьшение общей численности фототрофов до 39% (табл. 2). Причиной этого может быть токсичность почвы, появляющаяся при разложении соломы и стерневых остатков злаковых культур в верхних слоях и затенении поверхности почвы вследствие высокой засоренности [12].

Изменения численности водорослей и цианобактерий во всех вариантах обработки почвы соответствуют изменениям биомассы. Наименьшая величина биомассы – 2,21 мг/100г почвы – отмечена при минимально-нулевой обработке, где меньше общая численность клеток фототрофов. Однако, в варианте с отвальной обработкой, при наиболее высокой численности альгоцианофлоры, их биомасса ниже, чем, например, при комбинированной плоскорезной обработке. Это связано с «измельчением» клеток водорослей и цианобактерий при обороте пласта и постоянном крошении почвы.

Высокая величина численности в этом варианте объясняется развитием более мелких клеток [13].

При комбинированной плоскорезной обработке поверхностные слои почвы меньше нарушаются и крошатся. Это позволяет развиваться водорослям в более стабильных условиях и давать биомассу в 1,4 раза больше по сравнению с отвальной обработкой.

Показатели биомассы фототрофов выравниваются и более соответствуют численности при применении средств химизации. По двум популяционным характеристикам – численности и биомассе – более обильная альгоцианофлора в варианте минимально-нулевой обработки формировалась на фоне комплексной химизации, соответственно, на 88 и 135% выше по сравнению с

контролем. При этом увеличение численности в большей мере обусловлено развитием зеленых водорослей.

На фоне с комплексной химизацией при комбинированной плоскорезной обработке суммарная численность водорослей была близка к контролю – разница составляла 11%. Количество цианобактерий по отношению к контролю увеличилось на 130%.

Таким образом, применение комплексной химизации в рекомендуемых дозах не оказало четко выраженного негативного воздействия на микро- и альгофлору чернозема выщелоченного, что имеет важное экологическое значение. Комплексное применение минеральных удобрений, средств защиты растений, снимая негативные последствия минимальной обработки, способствует развитию численности почвенных микроорганизмов, в том числе микроскопических водорослей и цианобактерии, стимулирует биологическую активность почвы, что существенно повышает продуктивность яровой пшеницы.

Литература

1. Большой практикум по микробиологии / Т.Е. Аристовская, М.Е. Владимирская, М.М. Голлербах [и др.] – М.: Высшая школа, 1962. – 490 с.
2. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1968. – 228 с.
3. Некрасова К.А., Бусыгина Е.А. Некоторые уточнения к методу количественного учета почвенных водорослей // Ботанический журнал. – 1977. Т. 62. – № 2. – С. 214.
4. Панкратова Е.М., Трефилова Л.В. Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – №1. – С. 4-14.
5. Домрачева Л.И. Почвенные водоросли как продуценты органического вещества и их значение в трофических связях почвенных организмов: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 1974. – 26 с.
6. Юшкевич Л.В., Хамова О.Ф., Леонова В.В. Биологическая активность чернозема выщелоченного при минимизации основной обработки в южной лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. – 2002. – № 4. – С. 11-16.
7. Данилова А.А. Сочетание естественных и антропогенных факторов в формировании свойств выщелоченного чернозема при почвозащитной обработке // Агрохимия. – 2003. – № 8. – С. 45-53.
8. Патент №2012182 РФ. Способ интенсивного возделывания зерновых культур / Леонова В.В., Хамова О.Ф., Холмов В.Г., заяв. и патентооблад. СибНИИСХоз заявл. 16.07.1990; опубл. 15.05.1994; приоритет 16.07.1990.
9. Хамова О.Ф., Леонова В.В. Влияние средств химизации на микрофлору и альгофлору чернозема при его интенсивном использовании в зернопропашном севообороте // Экологическое состояние почв и растений Западной Сибири и проблема их качества: сб. научн. тр. ОмГАУ. – Омск, 1997. – С.27-32.
10. Круглов Ю.В. Микрофлора почв и пестициды. – М.: Агропромиздат, 1991. – 128 с.

11. Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А. Альгологический мониторинг почвы // Почвоведение. – 1988. – № 2. – С. 1449-1461.
12. Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур // Использование соломы как органического удобрения. – М: Наука, 1980. – С. 30-33
13. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 142с.

УДК 582.261-279

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОЗЕРА ЛА ИЗВОР (У РОДНИКА)

Цуркан О.П.

НКНМ Института микробиологии и биотехнологии

turcanolga2019@mail.ru

Республика Молдова

Аннотация. Из воды озера Ла Извор выделено 7 видов цианобактерий: *Oscillatoria planktonica*, *O. brevis*, *O. acutissima*, *Nostoc verrucosum*, *Spirulina major*, *Anabaena variabilis*, *Aphanizomenon flos-aquae*; и один вид зеленых водорослей – *Chlorella vulgaris*. Из биомассы этих фототрофов получали водно-спиртовые экстракты и определяли антимикробную активность в отношении некоторых фитопатогенных штаммов грибов и бактерий. Таким образом, по результатам проведенных экспериментов, выделенные штаммы цианобактерий и микроводоросли способны синтезировать метаболиты, обладающие противогрибковой и антибактериальной активностью в отношении некоторых фитопатогенов.

Ключевые слова: микроводоросли, цианобактерии, антимикробная активность, противогрибковая активность.

В настоящее время микроводоросли и цианобактерии привлекают все большее внимание исследователей в связи с их потенциальным применением в различных отраслях биотехнологии. Эти микроорганизмы изучаются в связи с высоким содержанием в них биоактивных веществ, в том числе вторичных метаболитов [1-5], таких как антибактериальная, противогрибковая, противовирусная, противораковая и иммуностимулирующее [6-12].

Цианобактерии достаточно перспективны для их применения в различных областях: фармацевтике, животноводстве, биотехнологии, косметологии и др. Научные исследования показали, что цианобактерии широко используются в производстве экзополисахаридов, антиоксидантов и могут найти применение в фармацевтической сфере. Экстракты цианобактерий обладают фунгицидным, бактерицидным и бактериостатическим действием. Все больше исследований связано с использованием этих микроорганизмов в качестве альтернативного источника антибиотиков [13]. Другим примером

является эйкозапентаеновая кислота (ЭПК), гексадекатриеновая кислота и пальмитолеиновая кислота, выделенные из *Phaeodactylum tricornutum*, которые продемонстрировали противомикробную активность против метициллин-резистентного штамма *Staphylococcus aureus* [14]. Точно так же ненасыщенные жирные кислоты, выделенные из зеленых водорослей *Scenedesmus intermedius*, *Chaetoceros muelleri*, *Haematococcus pluvialis*, *Chlorococcum* sp. и *Skeletonema kastum*, обладают антимикробным действием в отношении широкого спектра грамположительных и грамотрицательных бактерий. Кроме того, органические экстракты *Euglena viridis* и *S. kastum* проявляли ингибирующую активность в отношении *Pseudomonas* sp. и *Listeria monocytogenes* [15, 16].

Микроводоросли и цианобактерии также обладают противовирусной и противогрибковой активностью в отношении широкого спектра этих микроорганизмов. Сообщается, что метанольные и гексановые экстракты *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* и *Oocystis* sp. предотвращали рост патогенных грибов *Aspergillus niger*, *Candida kefyr* и *Aspergillus fumigatus*. Другие исследования показали, что биологически активные соединения микроводорослей подавляют рост вирусов. Например, сульфатированные полисахаридные соединения, выделенные из *Navicula directa* и *Chlorella autotrophica*, ингибируют репликацию фермента гиалуронидазы VHSV, ASFV, HSV 1 и 2 и вируса гриппа А [18].

Кальций спирулан (Ca-SP) представляет собой новый сульфатированный полисахарид, выделенный из *Spirulina platensis*, который обладает способностью ингибировать репликацию нескольких инкапсулированных вирусов, включая вирус простого герпеса типа 1, цитомегаловируса человека, вирус кори, вирус эпидемического паротита, вирус гриппа А и ВИЧ-инфекцию. Противовирусный эффект Ca-SP обусловлен хелатированием иона кальция с сульфатными группами. [19].

Целью исследования было определение антимикробной активности микроводорослей, выделенных из системы озер Ла Извор.

Из воды озера Ла Извор были отобраны для изучения и исследования 8 штаммов фототрофов, представляющих интерес для биотехнологии по своим характеристикам и биохимическим свойствам. Культуры выделяли методом посева на жидкие и агаризованные минеральные питательные среды на чашках Петри. Водно-спиртовые экстракты (60-70%) из биомассы цианобактерий и микроводоросли использовали для определения антимикробной активности по отношению к некоторым фитопатогенным культурам бактерий и грибов из Национальной коллекции непатогенных микроорганизмов Института микробиологии и биотехнологии.

На агаризованной среде, распределенной по чашкам Петри с инокулированной фитопатогенной культурой, формировали лунки, куда вносили спиртовые экстракты (60-70%) исследуемых культур микроводоросли и цианобактерий. Чашки Петри инкубировали в течение 48-72 часов при 30°C. Был определен диаметр зон задержки роста фитопатогенных тест-культур [20].

Таким образом, по результатам данного исследования можно отметить, что все 8 штаммов микрофототрофов, выделенных из воды озера Ла Извор,

проявляли антибактериальное действие по отношению к 3-м культурам фитопатогенных бактерий: *Bacillus subtilis* В-117, *Xanthomonas campestris* 8003b и *Erwinia caratovora* 8982; но не могли ингибировать рост фитопатогенов *Corynebacterium miciganense* 13a и *Agrobacterium tumefaciens* 8628.

Как видно из таблицы 1, из всех выделенных штаммов фототрофов, максимальную антибактериальную активность проявляла *Chlorella vulgaris*, показывая наибольшие площади угнетения роста *Bacillus subtilis* В-117 (30 мм), *Xanthomonas campestris* 8003b (26 мм) и *Erwinia caratovora* 8982 (25,5 мм).

Таблица 1– Антибактериальная активность цианобактерий и зелёной микроводоросли, выделенных из системы озер Ла Извор, диаметр (мм)

Виды фототрофов	Бактериальные культуральные тесты, диаметр зоны ингибирования, мм				
	<i>Bacillus subtilis</i> В-117	<i>Xanthomonas campestris</i> 8003b	<i>Corynebacterium miciganense</i> 13 a	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 8628	<i>Erwinia caratovora</i> 8982
<i>Oscillatoria planktonica</i>	27,5	26,5	0	0	21,5
<i>Chlorella vulgaris</i>	30	26,5	0	0	25,5
<i>Nostoc verrucosum</i>	12	13	0	0	11
<i>Oscillatoria brevis</i>	16	20	0	0	10,5
<i>O. acutissima</i>	19	12	0	0	16
<i>Spirulina major</i>	28	21	0	0	0
<i>Anabaena variabilis</i>	20	17,6	0	0	11
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	21	17	0	0	22

Цианобактерия *O. planktonica* также проявила значительную активность в отношении ингибирования роста культуры *B. subtilis* В-117 (27,5 мм) и *X. campestris* 8003b (26,5 мм), а *Spirulina major* обладает очевидной антибактериальной активностью в отношении штамма *B. subtilis* В-117 (зона задержки роста – 28 мм).

В настоящее время экстракция новых соединений из макроводорослей и микроводорослей подтвердила их биоцидную активность в качестве противогрибковых средств. Данные научной литературы подтверждают, что большинство биологически активных соединений, содержащихся в морских водорослях, можно использовать в качестве лечебных средств [21]. Доказано, что фенольные соединения, выделяемые из высушенных морских водорослей, ответственны за их антимикробные свойства [22]. Противогрибковые соединения ингибируют прорастание спор и подавляют ранние стадии роста мицелия [23, 24]. Противогрибковая активность экстрактов зеленых,

диатомовых и динофлагеллятовых водорослей проявляется путем воздействия на активность грибных ферментов. Хитиназы и β -1,3-глюканаза (которые могут влиять на функцию пектиназы) действительно признаны природными противогрибковыми белками, широко встречающимися в растениях и морских водорослях. В литературе сообщается, что неочищенные экстракты *P. gymnospora* и *C. frutic* показали такую же эффективность, как нистатиновый фунгицид [21, 22].

Другим этапом исследований было изучение способности изолированных штаммов микроводоросли и цианобактерий синтезировать метаболиты, обладающие антагонистической активностью в отношении фитопатогенных грибов.

В результате проведенных опытов установлено, что выделенные штаммы микрофототрофов проявляли противогрибковую активность в отношении *Alternaria alternate* (табл. 2). Цианобактерии *Oscillatoria acutissima* и *Spirulina major* проявляли явный ингибирующий эффект, обнаруживая более значительные участки торможения роста (диаметром 24 мм и 25 мм соответственно).

Таблица 2 – Антифунгальная активность микроводорослей, выделенных из системы озер Ла Извор, диаметр (мм)

Виды фототрофов	Грибные культуральные тесты, диаметр зоны ингибирования, мм				
	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Alternaria alternate</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Oscillatoria planktonica</i>	21	20	22	20	0
<i>Chlorella vulgaris</i>	20	21	23	24	0
<i>Nostoc verrucosum</i>	0	22	0	21	0
<i>O. brevis</i>	40	20	0	0	0
<i>O. acutissima</i>	22	24	24	20	30
<i>Spirulina major</i>	0	25	22	21	0
<i>Anabaena variabilis</i>	0	20	21	22	0
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	0	22	0	0	0

Из таблицы 2 видно, что цианобактерии *O. planktonica* *O. brevis*, *O. acutissima* и микроводоросль *Chlorella vulgaris* проявляли ингибирующее действие на рост культуры *Aspergillus niger*, из которых выраженное действие проявляли *O. brevis* (диаметр зона ингибирования 40 мм). Штаммы *O. planktonica*, *O. acutissima*, *Spirulina major*, *Anabaena variabilis* и *Chlorella vulgaris* задерживают рост патогенных культур *Botrytis cinerea* и *Fusarium solani*, особенно *O. acutissima* показала большую зону угнетения (24 мм). Цианобактерия *O. acutissima* также проявляла ингибирующее действие на рост *F. oxysporum* (30 мм).

Таким образом, выделенные из озерной воды штаммы микрофототрофов обладают противогрибковой активностью в отношении протестированных

культур патогенных грибов *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *F. solani* и *F. oxysporum* и антибактериальным действием против 3 культур фитопатогенных бактерий: *Bacillus subtilis* В-117, *Xanthomonas campestris* 8003b и *Erwinia caratovora* 8982.

Исследования финансировались в рамках проекта 20.80009.7007.09 (ANCD).

Литература

1. Bhakuni D., Rawat D. Bioactive Marine Natural Products. – India, 2005. – 382 p.
2. Metting B., Pyne J. Biologically active compounds from microalgae // *Enz. Microb. Technol.*, – 1986. – Vol. 8. – P. 386-394.
3. Rudic V., Cojocari A., Cepoi L. și al. Ficobiotehnologie – cercetări fundamentale și realizări practice. Chișinău: Elena V.I. SRL, 2007. – 365p.
4. Rolul unor alge cianofite azotfixatoare în rezolvarea problemei alimentare / V. Șalaru, V. Bulimaga, V. Șalaru et al // *Studia Universitatis. Seria „Științe ale naturii”, Biologie.* – 2013. – No. 6(66). – P. 33-41.
5. Singh S., Kate B., Banerjee U. Bioactive compounds from cyanobacteria and microalgae: an overview // *Crit. Rev. Biotechnol.* – 2005. – Vol. 25. – No. 3 – P. 73-95.
6. Jaki B., Heilmann J., Sticher O. New antibacterial metabolites from the Cyanobacterium *Nostoc commune* (EAWAG 122b) // *J. Nat. Prod.* – 2000. – Vol. 63 – nr. 9. – P. 1283-1285.
7. Antileukemia activity in the Oscillatoriaceae: isolation of Debromoaplysiatoxin from Lyngbya / J. Mynderse, R. Moore, M. Kashiwagi et al. // *Science.* – 1977. – Vol. 196. – No. 4289. – P. 538-540.
8. Isolation and characterization of endotoxin from cyanobacteria (Blue-Green Algae) / G.Keleti, J.L. Sykora, L.A. Maiolie et al. // *Environ. Sci. Research.* – 1981. – P. 447-464.
9. Biosynthetic characterization and chemoenzymatic assembly of the cryptophycins, potent anticancer agents from cyanobionts / N. Magarvey, Z. Beck, T. Golakoti et al.// *ACS Chem. Biol.* – 2006. – Vol. 1. – No. 12. – P. 766-779.
10. Papke U., Gross E.M., Francke W. Isolation, identification and determination of the absolute configuration of Fischerellin B. A new algicide from the freshwater cyanobacterium, *Fischerella muscicola* (Thuret) // *Tetrahedron Lett.* – 1997. – Vol. 38. – P. 379-382.
11. Antimicrobial activity of Heterocytic Cyanobacteria / V. Ramamurthy, S. Raveendran, S. Thirumeni et al. // *International Journal of Advanced Life Sciences (IJALS).* – 2012. – Vol. 1. – P. 32-39.
12. Biochemical and pharmacological investigations of selected cyanobacteria S. Mundt, S. Kreitlowa, A. Nowotnya et al. // *Int. J. of Hygiene and Environmental Health.* – 2001. – Vol. 203. – No. 4. – P. 327-334.
13. Pratt R., H. Mautner G. M. Gardner, Y. Report on antibiotic activity of seaweed extracts // *J. Am. Pharm. Ass. Sha & J. Dufrenoy.* – 1951. – 40 – P. 575-579.

14. Benkendorff K., Davis A.R., Rogers, Bremner J.B. Free fatty acids and steroids in the benthic spawn of aquatic molluscs, and their associated antimicrobial properties // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 2005. – Vol. 316. – P. 29-44.
15. Das B. K., JyotirmaYee Pradhan. Antibacterial properties of selected freshwater microalgae against pathogenic bacteria // Indian J. Fish. – 57(2). – 2010. – P. 61-66.
16. Influence of extrametabolites of marine microalgae on the reproduction of the bacterium *Listeria monocytogenes* / V.E. Terekhova, N.A. Aizdaicher, L.S. Buzoleva, G.P. Somov// Russian Journal of Marine Biology. – 2009. –Vol. 35. – P. 355-358
17. Antifungal and Antibacterial Activity of the Microalgae Collected from Paddy Fields of Iran: Characterization of Antimicrobial Activity of *Chroococcus dispersus* / Y. Ghasemi, M. Ameneh, M. Abdolali et al. // Journal of Biological Sciences, 2007. – DOI: 10.3923/jbs. – 2007.904.910·Source: DOAJ.
18. In vitro inhibition of the replication of haemorrhagic septicaemia virus (VHSV) and African swine fever virus (ASFV) by extracts from marine microalgae / J. Fabregas, D. García, M. Fernandez-Alonso [et al.]// Antiviral Research. – 1999. – V. 44. – No. 1. – P. 67-73.
19. Toshimitsu Hayashi, Kyoko Hayashi, Masaakira Maeda, and Ichiro Kojima Calcium Spirulan, an Inhibitor of Enveloped Virus Replication, from a BlueGreen Alga *Spirulina platensis* // J. Nat. Prod. – 1996. – V. 59. – No. 1. – P. 83-87. <https://doi.org/10.1021/np960017>.
20. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. изд. 6, перераб. – 2004. – 528 с. ISBN 5-02-033595-9.
21. Ertürk Ömer, Beyhan TAŞ, Antibacterial and Antifungal Effects of Some Marine Algae // Kafkas Univ Vet Fak Derg 17 (Suppl A): S121-S124, 2011 DOI:10.9775/kvfd.2010.2539.
22. Cox S., Abu-Ghannam N. and Gupta S. An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds // International Food Research Journal 17: 205-220 (2010)
23. Sastry V.M.V.S. and Rao G.R.K. Antibacterial substances from marine algae Algae: Successive Extraction Using Benzene, Chloroform and Methanol // Botanica Marina. – 1994. – Vol. 37. – P. 357-360.
24. Yi Zheng, Chen Yin-shan Lu, Hai-sheng. Screening for antibacterial and antifungal activities in some marine algae from the Fujian coast of China with three different solvents // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. – 2001. – Vol. 19. – P. 327-331.

УДК 632.937.14
**LYNGBYA CONTORTA – ЕДИНСТВЕННЫЙ ВИД ЦИАНОБАКТЕРИЙ
В РЕКЕ ЧОНОХАРАЙХ (МОНГОЛИЯ)**

Цыренова Д.Д.¹, Норовсурэн Ж.²

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

baldanovad@rambler.ru

²Институт биологии АНМ

norvo@mail.ru

Монголия

Аннотация. Цианобактерии являются основными доминирующими видами в микробных сообществах водных экосистем. Изучение цианобактерий реки Чонохарайх Монголии проводилось впервые. В этой реке был обнаружен единственный вид – *Lyngbya contorta*, являющийся типичным обитателем озер.

Ключевые слова: цианобактерия, *Lyngbya contorta*, река Чонохарайх, Монголия.

Цианобактерии играют ключевую роль в геохимии галинных систем и вносят значительный вклад в циклы основных биогенных элементов, поскольку являются главным источником органического вещества [1, 2].

Река Чонохарайх расположена в Ховдском аймаке Монголии. Река происходит из озера Хар-ус Нуур и впадает в Дургун Нуур (рис.1).



Рисунок 1 – Место проведения исследований

Определен химический состав и гидрохимический режим воды р. Чонохарайх [3, 4]. Изучение разнообразия цианобактерий водных экосистем проводились ранее для озер Харийн Нуур и Хар-ус Нуур [5, 6].

Изучение цианобактерии рек Чонохарайх проводилось впервые.

Цель исследования – изучение цианобактерий реки Чонохарайх (Монголия).

Отбор проб воды для микробиологических работ проводили по общепринятой методике [7]. Для определения видового состава цианобактерий пробы фиксировали 4% формалином. Микроскопирование препаратов проводили с помощью микроскопа Axiostarplus (CarlZeiss, Германия). Определение таксономической принадлежности цианобактерий на основании морфологических признаков проводили по Еленкину, Голлербаху [8, 9]. Для получения активных накопительных культур цианобактерий была выбрана среда «Z8».

В этой реке был обнаружен единственный вид – *Lyngbya contorta*, являющийся типичным обитателем озер. Это род нитчатых цианобактерий, который формирует длинные неразветвленные клеточные нити – филаменты. Филаменты окружены студенистой, бесцветной оболочкой и могут образовывать маты. Одиночные клетки длиннее, чем ширина. Гормогонии формируются для размножения.

Река Чонохарайх по гидрохимическому составу содержание главных ионов колеблется между 369,08-457,52 мг/дм³ и снижается вдоль течения, средняя содержимость составляла 411,26 мг/дм³ [4]. Вод р. Чонохарайх гидрокарбонатные ионы 0.66%, сульфатные ионы – 2.13%, ионы хлорида – 2,3%, кальциевые – 1,38%, магниевые – 3,04%, минерализация – 0,42% [10, 11]. В водах р. Чонохарайх из анионов доминируют гидрокарбонатные ионы, из катионов – натриевые [3].

Общая минерализация варьировалась от 234,04 до 488,97 мг/дм³ [12]. Это связано с тем, что на р. Чонохарайх создавали искусственное озеро и водный бассейн, вследствие чего речная экосистема превратилась в озерную. В водах р. Чонохарайх максимальная водная минерализация наблюдается в зимний сезон [4].

По данным микробиологического исследования в воде реки Чонохарайх был обнаружен единственный вид – *Lyngbya contorta*.

Благодарность: За доставку образцов воды река Чонохарайх доктору (Ph.D) З. Бурмаа и её коллеги по проекте Хобдского Государственного Университета Монголии.

Литература

1. Герасименко Л.М. Алкалофильные кислородные фотосинтезирующие организмы // Труды института микробиологии им. С.Н. Виноградского. Вып. 14: Алкалофильные микробные сообщества / отв. ред. В.Ф. Гальченко. – М.: Наука, 2007. – С. 88-157.
2. Заварзин Г.А. Образование содовых условий как глобальный процесс // Труды института микробиологии им. С.Н. Виноградского. Вып. 14:

Алкалофильные микробные сообщества / отв. ред. В.Ф. Гальченко. – М.: Наука, 2007. – С. 8-57.

3. Бурмаа З. Химический состав и гидрохимический режим воды реки Чонохарайх: Автореф. дисс... к.х.н. – УБ., 2009.- 31 с.

4. Бурмаа З. Влияние ГЭС «Дургун» на природоэкологическое состояние и к вопросу использования и охраны. Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов // Материалы XII международной научной конференции. – Ховд, Монголия, 2015. – Том I. – С 49-52.

5. Цыренова Д.Д., Норовсурэн Ж. Разнообразие цианобактерий озера Хагийн Нуур (Монголия) // VI Пущинская школа-конференция «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов. – Пущино, 2019. – С 47-48.

6. Norovsuren J., Tsyrenova D. Diversity of microorganisms of Lake Khar-Us Nuur // International Conference “Aquatic biodiversity of Mongolia, surface water quality assessment: Current status and Challenges”. – Ulaanbaatar, 2021. – P. 68 -73.

7. Водоросли. Справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – С. 170-188.

8. Голлербах М.М. Косинская Е.К., Полянский В.И. Синезеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР // Советская наука. – М. 1953. – 651 с.

9. Еленкин А.А. Синезеленые водоросли СССР. Спец. часть. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Вып. 2. – 984 с.

10. Батжаргал З., Оюун Р. Использование математических и статистических методов для анализа природных явлений. – УБ., 1989. – С. 37-49.

11. Чарыков А.К. Математическая обработка результатов химического анализа. – Л., 1984. – С. 110-116; С. 147–162.

12. Гидрохимия поверхностных вод в некоторых районах Западной Монголии / А. Мунгунцег, Э. Буманцег, З. Бурмаа, Г. Эрдэнэчимэг – УБ., 2011. – 212 с.

УДК 631.8

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДИАЗОТРОФНЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ

Чевердин Ю.И., Чевердин А.Ю.
Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева
cheverdin62@mail.ru, cheverdin@bk.ru

Аннотация. Исследования проведены в условиях юго-востока ЦЧЗ. Штаммы diazotрофов использовались для предпосевной инокуляции семян ярового ячменя. Отмечена их положительная роль в активизации микробиологических процессов в почве. Рост урожайности зерна ярового ячменя составил до 0,6 т/га.

Ключевые слова: diaзотрофы, чернозем, ячмень, микробиологическая активность, продуктивность.

В современных условиях микробные препараты являются важной составной частью агротехнологий. Расширяется спектр их применения, изучаются их влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений, фунгистатические функции, формирование почвенного плодородия. В частности, отмечено увеличение ассимиляции азота и увеличение его содержания в зерне [1]. Роль микробных препаратов усиливается при использовании их на эродированных почвах [2]. Установлена положительная роль инокуляции семян ячменя ризоагрином, способствующая росту продуктивности культуры [3].

Активность почвенных микроорганизмов отражает изменение направленности и трансформации почвенных процессов [4, 5].

Цель наших исследований – изучить изменение структуры микробного ценоза чернозема обыкновенного под влиянием diaзотрофных микроорганизмов.

Методика. Исследования проведены в условиях юго-востока ЦЧЗ (Воронежский ФАНЦ) в 2015-2017 гг. и в 2021 г. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 6,7%. Средняя и повышенная обеспеченность биогенными элементами минерального питания. Культура – ячмень яровой сорта Таловский 9. Опыт двухфакторный. Фактор первого порядка – фон (без удобрений и минеральные удобрения в виде аммиачной селитры 30 кг/га д.в.). Фактор второго порядка – штаммы diaзотрофов. Препараты получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии.

Результаты исследований. Проведенные нами исследования позволяют констатировать изменение микробиологической активности чернозема обыкновенного в прикорневой зоне ячменя при предпосевной инокуляции семян. Важной составной частью структуры микробного ценоза являются аммонификаторы. Применение diaзотрофных штаммов способствовало существенному увеличению данной группы. По отношению к контролю (необработанные семена) рост численности аммонификаторов на естественном фоне составил от 5,0 до 41%. Применение азотного удобрения повышало количество бактерий, произрастающих на МПА, с 7,53 до 7,81 млн. КОЕ/г почвы. Комплексное использование минерального удобрения с инокулянтами увеличивало численность аммонификаторов на 10-19%. При этом более высокое среднее содержание отмечено на удобренном фоне – 8,6 млн. КОЕ против 8,0 млн. КОЕ/г в варианте без удобрений.

На фоне минерального питания отмечено увеличение численности микроорганизмов, произрастающих на среде КАА, на 17,9 %. Предпосевная инокуляция семян дополнительно повышала активность на 19,4 %.

Отмечено также заметное увеличение численности бактерий-целлюлозолитиков, наиболее существенное на удобренном фоне. За годы проведения исследований в среднем их численность составляла 69,4 тыс. КОЕ/г почвы. На фоне удобренности численность целлюлозолитиков была ниже на 13,8 % (61,0 тыс. КОЕ/г). Предпосевная инокуляция семян ячменя

положительно отразилась на увеличении активности этой группы микроорганизмов. На вариантах без удобрений численность целлюлозолитиков под воздействием микробных штаммов увеличивалось на 17,4%, на фоне минерального азота – на 30,0%.

Бактерии-нитрификаторы играют существенную роль в стабилизации почвенного плодородия. В результате проведенных исследований установлена положительная роль микробных штаммов-инокулянтов в увеличении численности нитрифицирующих бактерий. Наиболее заметно данная закономерность прослеживается на безудобренном фоне. Рост их численности составил 14,6 %. При комплексном применении микробных штаммов и азотного удобрения также отмечен рост активности нитрификаторов, но в меньших размерах – на 7,3 %.

Количество колоний свободноживущего *Azotobacter* при применении diaзотрофных штаммов снижалось по обоим фоновым минерального питания, причем наиболее заметно при внесении азотного удобрения. Вероятно, это связано с проявлением фактора конкуренции с высокоактивными отселектированными штаммами и природными азотфиксаторами.

Актиномицеты и микромицеты являются хорошими деструкторами грубого органического материала. Более существенное их увеличение характерно для естественного неудобренного фона. Рост численности актиномицетов под воздействием инокулянтов составил 13,2%, микромицетов – более 70%.

Таким образом, препараты на основе ассоциативных штаммов азотфиксаторов, изменяют биологическую активность, способствуют увеличению обеспеченности черноземов доступным азотом. В почве заметно увеличилось обилие актиномицетов, которые являются активными гидролитами и трансформируют свежие органические остатки и корневые выделения. Эти процессы характерны для неудобренного варианта. Использование минерального азота не оказывало существенного влияния на эти процессы.

Установлена средняя корреляционная зависимость между содержанием доступного фосфора и численностью микромицетов. Парный коэффициент корреляции равнялся $r=0,60\pm 0,14$ при $t_{\text{факт}}=4,1 > t_{\text{теор}}=2,68$. При этом с обеспеченностью доступным калием знак корреляции имел отрицательное значение – $r=-0,54\pm 0,14$ при $t_{\text{факт}}=3,86 > t_{\text{теор}}=2,68$.

Проведенный статистический анализ позволил нам установить довольно тесную корреляционную зависимость между элементами структуры микробного ценоза и обеспеченностью растений биогенными элементами питания. Коэффициент парной корреляции связи аммонификаторов с содержанием нитратного азота варьировал в пределах $r = 0,63\pm 0,14-0,74\pm 0,12$. Также отмечается довольно существенное влияние нитрификаторов ($r = 0,52\pm 0,10-0,66\pm 0,11$) и минерализаторов гумуса ($r = 0,34\pm 0,12-0,52\pm 0,13$) на доступность азота для растений.

Применение diaзотрофных препаратов приводит к существенному увеличению показателей эффективного плодородия и продуктивности ячменя. Сбор зерна под влиянием предпосевной инокуляции на естественном фоне минерального питания увеличивался до 0,6 т/га.

Таким образом, применение микробных штаммов diaзотрофов может служить серьезным фактором повышения сбора зерна в современных агротехнологиях. Отмечается стабилизация и повышения плодородия черноземов.

Литература

1. Эффективность трехкомпонентной микробной композиции в посевах озимых зерновых культур на эродированных подзолистых суглинистых почвах / Н.А. Михайловская, Д.В. Войтка, Н.Н. Цыбулько [и др.] // *Агрохимия*. – 2021. – № 9. – С. 30-38. – DOI: 10.31857/S000218812109009X.
2. Эффективность бактериальных удобрений азотобактерин и калиплант при возделывании зерновых культур на эродированных дерново-подзолистых суглинистых почвах / В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, С.А. Касьянчик [и др.] // *Агрохимия*. – 2020. – № 2. – С. 28-36. – DOI: 10.31857/S0002188120020088.
3. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя / Н.Н. Шулико, О.Ф. Хамова, Н.А. Воронкова [и др.] // *Агрохимия*. – 2019. – № 2. – С. 13-20. – DOI: 10.1134/S0002188119020133.
4. Микробиологическая активность почв как фактор почвообразования / В.И. Савич, Л.В. Мосина, Ж. Норовсурэн [и др.] // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2019. – № 1. – С. 38-42. – DOI 10.24411/2587-6740-2019-11010.
5. Казакова Н.А., Ильина Н.А. Микробный ценоз почвы как индикатор трансформации почвенного покрова / Казакова Н.А., Ильина Н.А. // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2013. – № 3. – С. 30-31.

УДК 632.4 ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ВСХОЖЕСТЬ И ЗАРАЖЕННОСТЬ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ

Черемисинов М.В., Метелёва А.О., Машковцева В.В.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
cheremisinov.mv@yandex.ru

Аннотация. Биологические препараты флавобактерин и ризоагрин проявили высокую биологическую эффективность против грибной инфекции на семенах ярового ячменя. Так, под действием флавобактерина гельминтоспориоз семян не проявлялся. С увеличением нормы расхода препаратов с 1 л/т до 10 л/т биологическая эффективность биопрепаратов возрастала.

Ключевые слова: биопрепараты, ризоагрин, флавобактерин, грибная инфекция семян, всхожесть семян, недостаток влаги.

Исследования проводились на яровом ячмене сорта Изумруд на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии [1-12] Для изучения использовались микробиологические препараты ризоагрин Б и

флавобактерин в жидкой препаративной форме, выпускаемые в биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области.

Цель работы – изучить влияние биопрепаратов на развитие грибной инфекции (*Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* spp) на семенах ячменя и выявления стимулирующего, антистрессового действия биопрепаратов.

Семена в день закладки опыта обрабатывали препаратами в рекомендуемой и завышенной норме расхода. Норма расхода биопрепаратов была взята 1 л/т и 10 л/т с учетом титра препаратов, поступающих в продажу: ризоагрин Б (титр $2-3 \cdot 10^9$ кл./мл); флавобактерин (титр $2-4 \cdot 10^9$ кл./мл). Расход рабочей жидкости 10 л/т семян.

Для изучения ростостимулирующего действия препаратов лабораторный опыт закладывали в рулонах из фильтровальной бумаги в темноте при постоянной температуре в трехкратной повторности. Лабораторную всхожесть семян ячменя определяли по ГОСТ 12038-84. На 7 день проводили фитопатологический анализ на зараженность семян ячменя инфекцией. На восьмой день после закладки проводился учет всхожести семян.

Для изучения антистрессовой активности препаратов лабораторный опыт закладывали на речном прокаленном песке в 4-кратной повторности (10 семян на чашку Петри). Семена проращивали в термостате при температуре 24°C. Биометрические измерения проводили на 8 день после посева. Недостаток влаги обеспечивался внесением на 150 г песка 6 мл воды.

Семена являются основными источниками инфекции, поэтому необходимо знать влияние препаратов на возбудителей болезней, находящихся как на поверхности, так и внутри. Обработанные препаратами семена анализировали на зараженность фитопатогенами семян методом рулонов.

Семена, взятые для опыта, были в слабой степени заражены возбудителем гельминтоспориозной корневой гнили. Заражение семян грибами из рода *Fusarium* не выявлено (табл. 1).

Оба биологических препарата проявили высокую биологическую эффективность против грибной инфекции семян ячменя, так под действием флавобактерина гельминтоспориоз семян не проявлялся, а зараженность альтернариозом снизилась в 5 раз по сравнению с контролем. С увеличением нормы препаратов с 1 л/т до 10 л/т биологическая эффективность биопрепаратов возрастала.

Таблица 1 – Влияние биопрепаратов на грибную инфекцию семян ячменя

Вариант	Гельминтоспориоз		Альтернариоз (<i>Alternaria</i> spp)
	Р*, %	Р**, %	Р, %
Контроль (обработка водой), 10 л/т	10,7	7,0	6,6
Ризоагрин Б, Ж, 1 л/т	4,0	1,7	1,3
Ризоагрин Б, Ж, 10л/т	1,3	0,3	0,0
Флавобактерин, Ж, 1 л/т	0,0	0,0	1,3
Флавобактерин, Ж, 10 л/т	0,0	0,0	0,0

Прмечание: * Р – зараженность семян, %;

** R – развитие болезни, %.

Результаты исследований, проведенные на сорте Изумруд показали, что все изучаемые препараты оказали положительное действие на всхожесть семян.

При завышении нормы обработки семян биопрепаратами с 1 л/т на 10 л/т наблюдалось достоверное снижение всхожести семян, например, ризоагрин Б снизил всхожесть на 8,8% по сравнению с контролем.

На всхожесть семян ячменя сорта Изумруд положительный достоверный эффект от применения биологического препарата отмечен у флавобактерина в рекомендованной норме расхода. С увеличением нормы расхода с 1 л/т до 10 л/т биопрепарат флавобактерин, так же снимал отрицательное влияние недостатка влаги, но хуже чем в рекомендованной норме расхода.

Достоверное понижение всхожести показал биопрепарат ризоагрин Б (1л/т), так, всхожесть снизилась на 11,6% по сравнению с контролем, в завышенной норме расхода данный препарат не оказал существенного влияния.

Обработка семян биопрепаратами способствовала защите от физического стресса. Наибольшая лабораторная скорость всхожесть отмечена при обработке флавобактерин 1 л/т и 10л/т –95,0 и 93,3% соответственно. В контроле 91,6 %.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Семена, взятые для опыта, были в слабой степени заражены гельминтоспориозной корневой гнилью.
2. Оба биопрепарата проявили высокую биологическую эффективность против грибной инфекции семян ярового ячменя, так под действием флавобактерина гельминтоспориоз семян не проявлялся, а зараженность альтернариозом понизилась в 5 раз по сравнению с контролем.
3. Результаты исследований по влиянию биопрепаратов на всхожесть ячменя при недостатке влаги показали, что все изучаемые биопрепараты оказали положительное действие.

Литература

1. Черемисинов М.В., Тагакова Л.А. Мутационное и защитное влияние протравителей семян на растения ячменя сорта Нур в третьем поколении // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем:

Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО Веси, 2015. – С. 113-116.

2. Мутационная и модификационная изменчивость растений ячменя под действием гербицидов и фунгицидов во втором поколении / Г.П. Дудин, М.В. Черемисинов, А.В. Помелов [и др.] // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2018. – С. 86-90.

3. Черемисинов М.В. Способы борьбы с короедом // Знания молодых: наука, практика, инновации: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. – Киров: Вятская ГСХА, 2014. – С. 96-98.

4. Черемисинов М.В., Емелев С.А. Влияние регуляторов роста и протравителей семян на площадь листьев ячменя // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы VI Международной научно-практической конференции (к 125-летию Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого). – Киров, 2020. – С. 244-246.

5. Черемисинов М.В. Мутагенное действие химических и биологических препаратов на яровой ячмень сорта Биос-1: Автореф. канд. с.-х. наук / Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. Пенза. – 2004. – 18 с.

6. Изергин С.Н., Дудин Г.П., Черемисинов М.В. Морфофизиологические изменения и хлорофилльные мутации ярового ячменя, полученные под влиянием протравителей семян // Науке нового - века знания молодых: Сборник статей 8-й Научной конференции аспирантов и соискателей. Министерство сельского хозяйства РФ. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – С.29-31.

7. Черемисинов М.В., Дудин Г.П. Мутагенное действие химических и биологических препаратов на ячмень сорта Биос-1 // Материалы научной сессии КФ РАЕ и КОО РАЕН. – Киров. – 2004. – С. 294-295.

8. Черемисинов М.В. Изменение маркерного waxy-гена ячменя под влиянием фунгицидов-протравителей семян и биологических препаратов // 60 лет высшему аграрному образованию Северо-Востока Нечерноземья: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. – Киров, 2004. – С. 124-126.

9. Способ мутагенной обработки растений ячменя/ Г.П. Дудин, А.В. Помелов, А.П. Медведчиков, М.В. Черемисинов // Патент на изобретение. RU 2456796 C1 27.07.2012. Заявка № 2011123943/10 от 10.06.2011.

10. Черемисинов М.В., Помелов А.В. Выявление мутагенного эффекта фунгицидов при обработке семян ячменя методом протравливания // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО Радуга-ПРЕСС, 2016. – С. 324-328.

11. Емелев С.А. Влияние микробиологических препаратов на развитие ярового ячменя сорта Нур / С.А. Емелев, А.В. Помелов, А.В. Новоселов // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всероссийской научно-

практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. – С. 179-183.

12. Емелев С.А. Оценка селекционного материала ярового ячменя в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании // 60 лет высшему аграрному образованию Северо-Востока Нечерноземья: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. – 2004. – С. 76-78.

УДК 632.4
ИЗУЧЕНИЕ ФУНГИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ БИОПРЕПАРАТОВ
НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД

Черемисинов М.В., Метелёва А.О., Чупракова А.А.
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
cheremisinov.mv@yandex.ru

Аннотация. Наиболее приемлемым и эффективным способом борьбы с болезнями зерновых культур является протравливание семян. Фунгицидное действие на корневые гнили в фазу кущения ярового ячменя проявили все препараты, изучаемые в исследовании. В рекомендуемых нормах расхода из биопрепаратов наиболее эффективным против корневых гнилей был флавобактерин.

Ключевые слова: биологические препараты, флавобактерин, ризоагрин, корневые гнили.

Яровой ячмень – это универсальная культура по ее использованию и по распространению в стране, занимает четвертое место среди зерновых культур в Российской Федерации.

Наиболее приемлемым и эффективным способом борьбы с болезнями зерновых культур является протравливание семян. Но отдельные препараты обладают мутагенным действием [1-4]. При слабой зараженности семян возбудителями корневых гнилей и отсутствии головневой инфекции преимущество имеют биофунгициды [5, 6,]. Биологические препараты производятся на основе живых микроорганизмов и на основе продуктов их метаболизма [7-9]. Особое внимание привлекают микробиопрепараты полифункционального действия, которые, проявляя фунгицидные свойства, стимулируют рост растений, оказывают влияние на почвенную микрофлору [10-13].

Из биопрепаратов на основе ассоциативных ризобактерий наиболее востребованы на рынке флавобактерин и ризоагрин. На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства и микробиологии Вятского ГАТУ в предыдущих исследованиях в полевом опыте была получена высокая достоверная прибавка урожая зерна ярового ячменя (0,42-0,53 т/га) от применения биопрепаратов ризоагрин Б и флавобактерин.

Цель работы – изучить влияние биопрепаратов в завышенной и рекомендуемой норме расхода на развитие корневых гнилей и элементы структуры продуктивности ячменя.

Объектом исследований служил яровой ячмень сорта Изумруд. Исследования проводились на учебно-опытном поле Вятского ГАТУ. Для изучения использовались микробиологические препараты ризоагрин Б и флавобактерин в жидкой препаративной форме, выпускаемые в биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области. Ризоагрин Б создан на основе вида *Agrobacterium radiobacter* (штамм 204), зарегистрирован как бактериальное удобрение для обработки семян. Флавобактерин создан на основе высокоэффективного штамма ассоциативных азотфиксаторов относящегося к виду *Flavobacterium sp.*

Семена ячменя в день посева обрабатывали растворами препаратов с нормой расхода: ризоагрин Б (1 и 10 л/т), флавобактерин (1 и 10 л/т). В контрольном варианте семена обрабатывали водой из расчета 10 л/т.

В каждом варианте высевали по 500 семян. Площадь делянки 1 м², повторность четырехкратная. Во время вегетации растений проводили учет и анализ на пораженность растений корневыми гнилями.

Пораженность корневыми гнилями оценивалась по 5 балльной системе Гоймона.

Биологическая эффективность выражает снижение развития болезни или пораженности растений на обработанных полях по отношению к контрольным участкам. В условиях неустойчивой погоды с резкими перепадами температуры и выпадения осадков к концу вегетации распространение корневых гнилей составило 50%, а развитие болезни – 12,5%. Фунгицидное действие на корневые гнили в фазу кущения ярового ячменя проявили все препараты, изучаемые в опыте. В рекомендуемых нормах расхода из биопрепаратов наиболее эффективным против корневых гнилей был флавобактерин. С увеличением нормы расхода фунгицидное действие против корневых гнилей всех препаратов в фазу полной спелости возросло. Существенное влияние на корневые гнили ризоагрин Б проявил только при завышении нормы расхода в 10 раз.

Количественные признаки продуктивности ячменя подвержены сильной изменчивости, так при обработке препаратом флавобактерин (1 л/т) наблюдалась тенденция к повышению продуктивной кустистости растения ярового ячменя. В завышенной норме расхода данный препарат положительно повлиял на продуктивную кустистость растения и длину колоса.

При обработке семян биологическим препаратом ризоагрин Б в рекомендуемой норме расхода произошло увеличение таких показателей как длина главного стебля и масса зерна с колоса, но достоверно снизилась длина колоса.

С увеличением нормы расхода препарата с 1 л/т до 10 л/т также наблюдалось увеличение длины главного стебля, но при этом достоверно снизились такие показатели как длина колоса, число зерен в колосе и масса зерна в колосе.

Под действием биологических препаратов произошло увеличение продуктивной кустистости на 0,1-0,9 шт. Максимальное увеличение наблюдалось при обработке препаратом флавобактерин 10 л/т – 6,6 шт. Также произошло увеличение длины главного стебля в среднем на 0,8-5,2 см. Максимальное увеличение на 5,2 см. наблюдалось при обработке препаратами ризоагрин Б и флавобактерин 10 л/т.

Максимальное увеличение длины колоса наблюдалось при обработке флавобактерином 10 л/т – 10,4 см. Разница между контрольным образцом – 1,5 см. Под действием препаратов произошло увеличение числа зерен в колосе на 0,7-1,6 шт. Максимально увеличилось количества зерен в колосе при обработке препаратом флавобактерин 1 л/т – 24,1 шт. Лучший результат по массе зерна показал препарат ризоагрин Б 1л/т – 2,0 г.

Таблица 1 – Влияние препаратов на элементы структуры продуктивности ярового ячменя

Вариант	Длина главного стебля, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна колоса, гр
Контроль (обработка водой), 10 л/т	52,2	5,7	8,9	22,5	1,4
Ризоагрин Б, 1 л/т	53,0	5,8	9,5	23,8	2,0*
Ризоагрин Б, 10 л/т	57,4*	5,6	7,8***	21,8	1,0
Флавобактерин, 1л/т	56,2	6,2	10,2	24,1**	1,4
Флавобактерин, 10 л/т	57,4*	6,6	10,4*	23,2	1,4

Примечание: *различия достоверны при уровне значимости $P > 0,95$;
 **различия достоверны при уровне значимости $P > 0,99$;
 ***различия достоверны при уровне значимости $P > 0,999$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. В рекомендуемых нормах расхода из биопрепаратов наиболее эффективным против корневых гнилей был флавобактерин. Существенное влияние на корневые гнили ризоагрин Б проявил только при завышении нормы расхода в 10 раз.

2. С увеличением нормы расхода фунгицидное действие против корневых гнилей всех препаратов в фазу полной спелости возрастало.

3. Под действием биологических препаратов произошло увеличение продуктивной кустистости, длины главного стебля, длины колоса, числа зерен, массы зерна с колоса.

Литература

1. Черемисинов М.В., Тагакова Л.А. Мутационное и защитное влияние протравителей семян на растения ячменя сорта Нур в третьем поколении // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем:

Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО Веси, 2015. – С. 113-116.

2. Мутационная и модификационная изменчивость растений ячменя под действием гербицидов и фунгицидов во втором поколении / Г.П. Дудин, М.В. Черемисинов, А.В. Помелов [и др.] // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2018. – С. 86-90.

3. Черемисинов М.В. Способы борьбы с короедом // Знания молодых: наука, практика, инновации: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. – Киров: Вятская ГСХА, 2014. – С. 96-98.

4. Черемисинов М.В., Емелев С.А. Влияние регуляторов роста и протравителей семян на площадь листьев ячменя // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы VI Международной научно-практической конференции (к 125-летию Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого). – Киров, 2020. – С. 244-246.

5. Биопрепараты как фактор регулирования ростовых процессов / Ю.Н. Зыкова, В.А. Изотова, Л.В. Трефилова, А.Л. Ковина // Современному АПК – эффективные технологии: матер. Международ. науч.-практич. конф., в 5 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 1. Агрономия. – С. 176-180.

6. Черемисинов М.В. Мутагенное действие химических и биологических препаратов на яровой ячмень сорта Биос-1: Автореф. канд. с.-х. наук / Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза, 2004. – 18 с.

7. Изергин С.Н., Дудин Г.П., Черемисинов М.В. Морфофизиологические изменения и хлорофилльные мутации ярового ячменя, полученные под влиянием протравителей семян // Науке нового - века знания молодых. Сборник статей 8-й Научной конференции аспирантов и соискателей. Министерство сельского хозяйства РФ. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – С.29-31.

8. Черемисинов М.В., Дудин Г.П. Мутагенное действие химических и биологических препаратов на ячмень сорта Биос-1. // Материалы научной сессии КФ РАЕ и КОО РАЕН. – Киров, 2004. – С. 294-295.

9. Черемисинов М.В. Изменение маркерного waхu-гена ячменя под влиянием фунгицидов-протравителей семян и биологических препаратов // 60 лет высшему аграрному образованию Северо-Востока Нечерноземья: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. – Киров, 2004. – С. 124-126.

10. Дудин Г.П., Помелов А.В., Медведчиков А.П., Черемисинов М.В. Способ мутагенной обработки растений ячменя. Патент на изобретение. RU 2456796 С1 27.07.2012. Заявка № 2011123943/10 от 10.06.2011.

11. Черемисинов М.В., Помелов А.В. Выявление мутагенного эффекта фунгицидов при обработке семян ячменя методом протравливания // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сборник материалов Всероссийской

научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО Радуга-ПРЕСС, 2016. – С. 324-328.

12. Емелев С.А. Влияние микробиологических препаратов на развитие ярового ячменя сорта Нур / С.А. Емелев, А.В. Помелов, А.В. Новоселов // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016 – С. 179-183.

13. Емелев С.А. Оценка селекционного материала ярового ячменя в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании // 60 лет высшему аграрному образованию Северо-Востока Нечерноземья: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. – 2004. – С. 76-78.

УДК 579.87

**ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ КУЛЬТУР
СТРЕПТОМИЦЕТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ
ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ**

Широких И.Г., Назарова Я.И., Боков Н.А.
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока
irgenal@mail.ru

Аннотация. Многие представители рода *Streptomyces* являются продуцентами биологически активных соединений, что обуславливает необходимость длительного хранения их культур в процессе лабораторного изучения. Перспективные штаммы-продуценты биофунгицидов в течение года хранили в условиях низких температур (-80°C); под слоем вазелина при 4°C ; в растворе 10% глицерина при 4°C . Проведена сравнительная оценка их выживаемости и сохранности антифунгальных свойств в динамике.

Ключевые слова: стрептомицеты, жизнеспособность, антагонизм, фитопатогенные микромицеты, продолжительность хранения.

При длительном хранении культур микроорганизмов главной задачей является поддержание их жизнеспособности и сохранение важных признаков и свойств. Проблема хранения микроорганизмов сводится к созданию условий, обеспечивающих торможение процессов метаболизма [1, 2]. При длительном хранении физиолого-биохимические свойства микроорганизмов могут изменяться, снижаться антибиотическая и/или ферментативная активности.

Непременным условием является правильное поддержание культур микроорганизмов с целью сохранения не только жизнеспособности клеток, но и их метаболической активности. Пока не существует общего метода, применяемого для хранения разнообразных групп микроорганизмов. В связи с этим в ведомственных коллекциях микроорганизмы хранят, используя сразу несколько различных методов, чтобы исключить возможность потери ценных штаммов [3, 4].

Цель работы – оценка жизнеспособности и стабильности при различных способах длительного низкотемпературного хранения у перспективных штаммов *Streptomyces* spp. с антифунгальной активностью.

Объектами исследования служили шесть почвенных изолятов с ранее установленной ингибирующей активностью в отношении фитопатогенных грибов: *S. antimycoticus* 8A13, *S. castelarensis* A4, *S. alfalfae* 6-IZ-12; *S. anulatus* T-2-20, *S. griseolus* 3-IZ-7, *S. flavogriseus* TK5 [5].

Хранение культур осуществляли на агаровых блоках в условиях 1) низкотемпературного электроморозильника «Vestfrost» (Дания) при -80°C ; в бытовом холодильнике «Апшерон» (Саратов) при 4°C ; 2) под слоем вазелина и 3) в растворе 10% глицерина. Процесс восстановления замороженных клеток осуществляли путем оттаивания при комнатной температуре.

Все три способа хранения штаммов *Streptomyces* sp. 3ИЗ-7, 6ИЗ-12 и ТК-5 характеризовались сходной динамикой десятичного логарифма численности ($\ln N$) колониеобразующих единиц (КОЕ/блок) и сохранили выживаемость к концу срока хранения (12 месяцев) на уровне 10^6 - 10^7 КОЕ/блок (рис.). В разрезе отдельных культур, наибольшее снижение численности КОЕ (жизнеспособности) выявлено у штаммов *Streptomyces* sp. A4 и 8A1-3, T2-20. Для них оптимальным способом следует считать хранение под слоем вазелина при 4°C , что обеспечило для штамма A4 сохранность к концу года на уровне 10^4 КОЕ/блок, а для 8A1-3, T2-20 – 10^6 КОЕ/блок. В условиях низкотемпературного морозильника (-80°C) максимальное снижение численности у штаммов 8A1-3 и T2-20 наблюдалось в период с третьего по шестой месяц, а у штамма A4 – после полугодичного хранения.

В отличие от показателя численности, антифунгальная активность штаммов в отношении фитопатогенных грибов осталась достоверно более высокой, в большинстве случаев, при хранении в условиях низкотемпературного морозильника (-80°C). Исключение составил штамм 8A1-3, максимум антифунгальной активности которого в течение 12 месяцев сохранился в растворе 10% глицерина при 4°C (табл. 1).

Известно, что микроорганизмы, способные к формированию спор, достаточно хорошо переносят замораживание без применения криопротекторов, что подтвердили наши данные в отношении стрептомицетов 3ИЗ-7, 6ИЗ-12 и ТК-5. Высказывалась гипотеза, что мембраны клеток стрептомицетов обладают повышенной устойчивостью к повреждающему действию консервации при низких температурах [2]. Вместе с тем, выживаемость зависит от размера и формы клеток, состава клеточной стенки микроорганизмов, различающихся у разных видов и штаммов. В связи с этим часть исследованных стрептомицетных культур – A4, 8A1-3 и T2-20 – продемонстрировали лучшую, по сравнению с замораживанием, выживаемость при хранении при 4°C под слоем вазелина, исключающим доступ к клеткам кислорода. Применение 10% раствора глицерина при хранении культур при низкой положительной температуре (4°C) существенно увеличило выживаемость только одной культуры – A4. Выживаемость остальных

исследованных штаммов в присутствии глицерина не имела преимуществ по сравнению с двумя другими способами хранения.

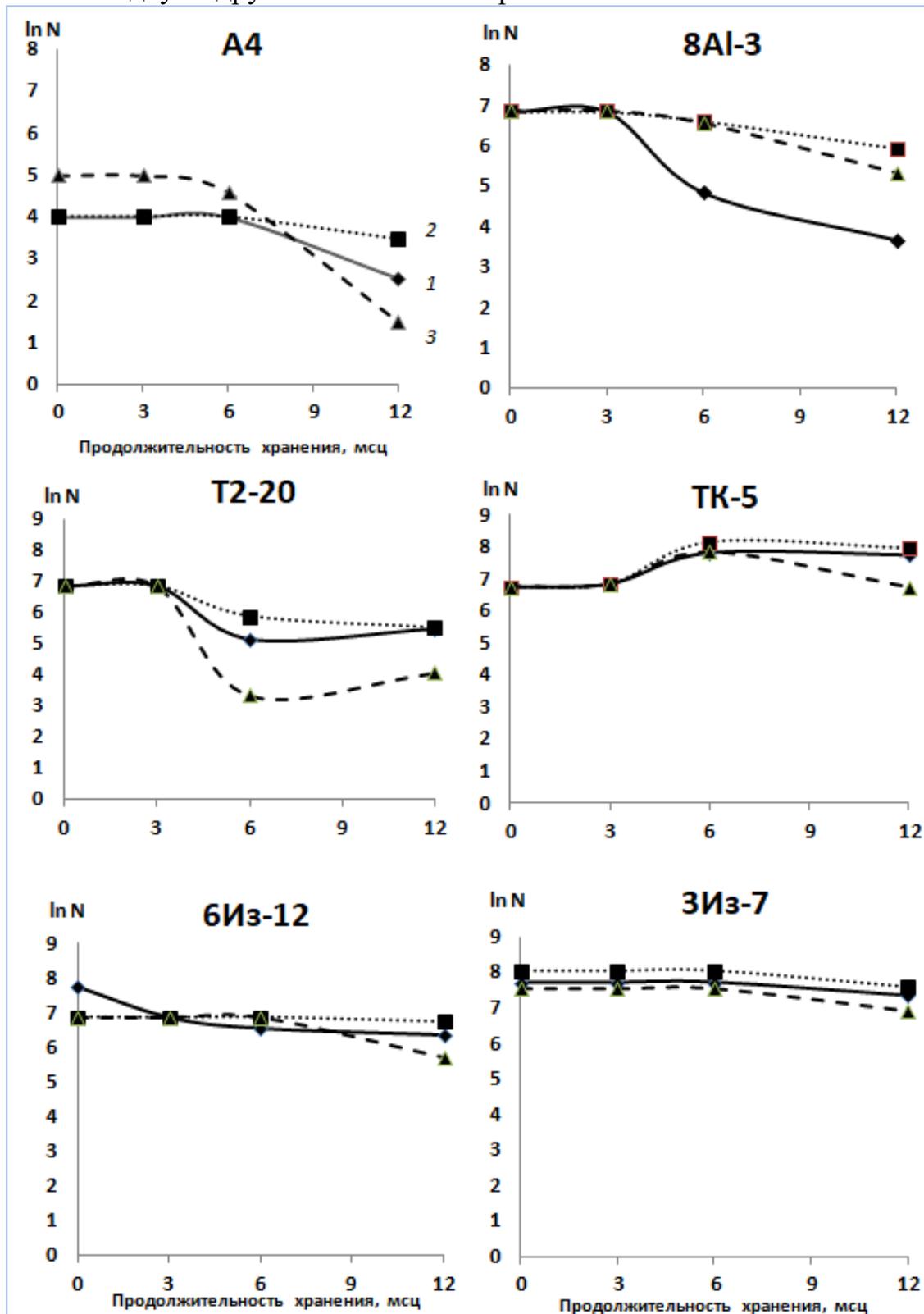


Рисунок 1 – Количество выживших КОЕ (ln N) в зависимости от продолжительности и способа хранения культур : 1 – в условиях низких температур (-80°C); 2 – под слоем вазелина при 4°C ; 3 – в растворе 10% глицерина при 4°C

Проверка выживших после консервации штаммов на антибиотическую активность показала, что стрептомицеты обладают не только устойчивостью к замораживанию, но и сохраняют высокий уровень антибиотической активности по отношению к тест-организмам, к которым была установлена антибиотическая активность до замораживания. Длительное хранение культур стрептомицетов при низкой положительной температуре (4⁰С) как под слоем вазелина, так и в 10% растворе глицерина сопровождалось более значительным снижением антибиотической активности в сравнении с низкотемпературным замораживанием.

Таблица 1 – Антифунгальная активность стрептомицетов после длительного (12 месяцев) хранения культур в разных условиях

Тест-грибы	Метод хранения*	Антифунгальная активность (зоны подавления роста, мм)					
		A4	TK5	6-IZ-12	8A13	3-IZ-7	T-2-20
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	1	40,6±1,2	10	29,3±5	42,3±2,5	10	29,3±1,2
	2	22±2,0	16,7±5,8	18,3±2,1	28,7±1,5	11,3±2,3	27,7±2,8
	3	27±3	22,3±5,5	-	40,3±1,53	16±2,65	24±2
<i>Fusarium proliferatum</i>	1	29±3,6	10	19,7±3,2	25,6±2,5	10	10
	2	21±1,7	10	15,0±1	27,7±2,8	10	10
	3	29±1	10	-	36±2,0	11,3±2,3	13,7±1,53
<i>F. culmorum</i>	1	33±2,6	10	17,3±3	29,7±0,6	14,3±4,9	11,3±1,2
	2	18,7±1,5	10	20,0±2	27±1,0	10	18±1
	3	27,3±3,0	10	-	32±2,0	12±2	12,7±0,58
<i>F. avenaceum</i>	1	38±3,5	11,3±2,3	20,3±4	24,4±4,4	11,3±2,3	19,3±1,2
	2	22±2,6	15,3±1,5	18±3,5	28,7±3,2	19±3,6	13,7±1,5
	3	30±1	10	-	35,3±1,53	10	23,7±1,5
<i>Fusarium sp.</i>	1	39,3±3,8	10	20,6±1,2	40±2,0	10	17±6,2
	2	20,7±1,5	10	15,7±0,6	20,7±1,5	15,3±4,5	17,7±2,1
	3	33,7±2,1	13,7±3,2	-	32±2,0	10,7±1,2	11,7±1,5
<i>F. oxysporum</i>	1	35,3±5,0	10	12,7±3,0	32,3±6,7	10	10
	2	18,3±1,2	10	12,3±0,6	23,3±5,8	10	12,3±1,6
	3	25±4,36	10	-	29±3,61	10	13,3±0,58
<i>Alternaria alternata</i>	1	38,3±2,9	10	21,3±3,2	38±3,5	10	17±2,6
	2	25,7±1,2	14,0±1,5	24,0±5,3	28,7±5,5	12,7±2,5	15,3±1,5
	3	18,3±1,1	10	-	22,3±4,3	10	12,7±1,15
<i>Trichoderma sp.</i>	1	37±2	10,7±1,2	22,3±2,5	29,7±6,8	12,3±2,5	17,7±2,5
	2	40±0	10	16,3±0,6	29,3±2,5	10	12,7±2,3
	3	22±2,65	10	-	26,3±0,58	12±2	14±1,73

Примечание: *Методы хранения: 1 – в условиях низких температур (-80⁰С), 2 – под слоем вазелина при 4⁰С, 3 – в 10% растворе глицерина при 4⁰С; «-» отсутствие роста стрептомицета.

Литература

1. Похиленко В.Д., Баранов А.М., Детушев К.В. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития // Изв. вузов. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 4 (12). – С. 99-121.
2. Синёва О. Н., Иванкова Т. Д., Терехова Л. П. Низкотемпературное хранение актиномицетов-представителей рода *Streptomyces* // Антибиотики и химиотерапия. – 2019. – Т. 64. – № 3-4. – С. 3-7.
3. Изменение метаболической активности нитрифицирующих бактерий в процессе длительного хранения / Н. И. Кириллова, И. А. Дегтярева, Т. В. Вдовина, А. С. Сироткин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2021. – № 1. – С. 14-23.
4. Хранение культур актинобактерий-представителей родов *Streptomyces* и *Nonotiraea* методом низкотемпературной консервации / О.Н. Синева, Н.Г. Куликова, С.Н. Филиппова, Л.П. Терехова // Антибиотики и химиотерапия. – 2014. – Т. 59. – С. 11-12.
5. Новые штаммы стрептомицетов как перспективные биофунгициды / И.Г. Широких, Я.И. Назарова, А.В. Бакулина, Р.И. Абубакирова // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 1. – С. 172-180.

УДК 631.8: 631.46: 631

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ

Шулико Н.Н.

*ФГБНУ Омский аграрный научный центр
shuliko@anc55.ru*

Аннотация. Исследования проводились под ячменем – заключительной культурой пятипольного зернопарового севооборота, в длительном стационарном опыте ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в южной лесостепи Западной Сибири. Установлено положительное влияние на общую численность микроорганизмов совместного применения минеральных удобрений и соломы, а также минеральных удобрений и инокуляции семян. На неудобренном фоне применение соломы в сочетании с инокуляцией семян ячменя повышало общую численность микроорганизмов на 52% к контролю.

Ключевые слова: минеральные удобрения, солома, инокуляция семян, почвенные микроорганизмы.

Широкое рациональное применение минеральных, органических и бактериальных удобрений – одно из необходимых условий интенсификации земледелия, обуславливающих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2]. Поэтому необходима комплексная оценка их влияния на урожай, его качество, биологическую активность и экологию почвы, чтобы приблизиться к оптимизации режима питания растений [3-5].

Целью исследований было оценить влияние длительного (более 25 лет) применения минеральных удобрений и соломы в сочетании с приемом бактериализации семян на биологическую активность лугово-черноземной почвы; дать экологическую оценку изучаемым агроприемам.

Исследования проводились под ячменем – заключительной культурой пятипольного зернопарового севооборота: пар чистый – пшеница – соя – пшеница – ячмень в условиях многофакторного стационарного опыта закладки 1989 г. Почва – лугово-черноземная среднemocная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 6,8%, без осенней обработки (минимальная). Инокуляция семян озимой пшеницы (сорт Прииртышская) Ризоагрином (ВНИИСХМ, г. Пушкин) проводилась из расчета 600 г на гектарную норму. Образцы почвы на микробиологический анализ отбирались в течение вегетации, по фазам развития растений – кушение, колошение, налив зерна. В свежих образцах почвы (слой 0-20 см) учитывали численность микроорганизмов на твердых питательных средах согласно общепринятым методам [6]. Проведен дисперсионный анализ полученных результатов [7].

Изучаемая почва характеризовалась высокой биогенностью, на которую значительное влияние оказали как экологические условия (тип почвы, температура, количество осадков), так и применение удобрений. За годы наблюдений численность аммонификаторов на МПА варьировала от 23 до 57 млн. КОЕ/г, амилотических микроорганизмов на КАА от 12 до 67 млн. КОЕ/г, нитрификаторов от 0,1 до 4,8 тыс. КОЕ/г, грибов от 19 до 140 тыс. КОЕ/г почвы.

Численность бактерий на мясо-пептонном агаре (МПА), использующих органические формы азота, и микроорганизмов на крахмало-аммиачном агаре (КАА), потребляющих минеральный азот, на фоне применения минеральных удобрений изменялась в пределах от 33 до 41 млн. КОЕ/г и от 30 до 39 млн. КОЕ/г соответственно. При внесении соломы в сочетании с минеральными удобрениями их количество увеличилось на 33-34%, от совместного применения минеральных удобрений и инокуляции семян ячменя на 8-11% в сравнении с контролем (табл. 1).

Численность нитрификаторов увеличивалась в вариантах $N_{18}P_{42}$, $N_{18}P_{42}$ + солома и $N_{18}P_{42}$ + инокуляция на 57, 15 и 42% соответственно по отношению к контролю. Применение минеральных удобрений $N_{18}P_{42}$ стимулировало рост почвенных грибов на 35%. В варианте $N_{18}P_{42}$ + солома численность грибов увеличилась на 53% к контролю, что связано с усилением минерализации органических остатков за счет внесения удобрений. Совместное применение изучаемых факторов ($N_{18}P_{42}$ + солома + инокуляция) оказало положительное влияние на рост почвенных грибов, количество которых увеличилось на 31% к контролю (табл. 1).

Таблица 1 – Численность микроорганизмов под посевом ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений, внесения соломы и инокуляции, слой 0-20 см, (n=9)

Вариант	Утилизирующие азот органический на МПА, млн. КОЕ/г			Утилизирующие азот минеральный на КАА, млн. КОЕ/г			Нитрификаторы, тыс. КОЕ/г			Грибы, тыс. КОЕ/г		
	M±m	Lim	V, %	M±m	lim	V, %	M±m	lim	V, %	M±m	lim	V, %
Контроль	30,7±4,3	25,9-37,2	15	28,8±3,2	13,2-45,5	32	1,21±0,3	0,15-2,55	65	48,1±9,1	23,2-92,4	53
Солома	33,3±6,5	23,6-38,8	20	30,2±4,7	17,1-54,1	44	1,21±0,3	0,15-2,75	67	35,9±4,0	19,6-54,6	32
Инокуляция	32,2±4,8	24,9-39,2	18	28,4±2,0	13,9-33,4	20	1,23±0,3	0,24-3,28	72	40,3±5,6	19,8-74,0	40
Солома+инокуляция	34,2±6,2	24,9-41,9	20	31,8±3,4	15,4-45,3	30	1,28±0,3	0,20-2,64	63	44,9±8,9	19,1-107,3	56
N ₁₈ P ₄₂	34,0±4,2	27,7-39,7	14	30,0±2,9	18,9-47,6	28	1,91±0,5	0,14-4,39	77	55,6±5,7	20,3-76,0	29
N ₁₈ P ₄₂ +солома	40,7±11,4	23,6-57,1	33	38,7±5,3	21,2-67,0	38	1,39±0,3	0,33-2,49	51	54,7±6,0	33,3-88,9	31
N ₁₈ P ₄₂ +инокуляция	33,3±1,1	29,0-36,5	5	31,9±3,3	12,1-43,3	29	1,75±0,5	0,29-4,77	82	55,6±6,8	30,5-97,7	34
N ₁₈ P ₄₂ +солома+инокуляция	34,1±1,8	26,2-38,5	7	35,0±4,6	13,4-56,3	38	1,50±0,5	0,17-4,70	86	63,0±10,4	37,1-139,8	47

Применение минеральных удобрений способствовало росту суммарной численности исследуемых групп микроорганизмов почвенных микроорганизмов на 14% к контролю, в сочетании с внесением соломы – на 40%, с приёмом инокуляции семян ячменя – на 29% относительно контроля. Внесение соломы в сочетании с бактеризацией семян ассоциативными diaзотрофами, т.е. использованием биологического азота, в наибольшей степени повлияло на общее количество почвенных микроорганизмов, которое повысилось на 52% к контролю (табл. 2).

Таким образом, наибольшее положительное влияние на общую численность микроорганизмов (36% к контролю) оказало совместное применение минеральных удобрений и соломы (N₁₈P₄₂+солома), а также минеральных удобрений и инокуляции семян (N₁₈P₄₂+инокуляция). На неудобренном фоне применение соломы в сочетании с инокуляцией семян ячменя повышало общую численность микроорганизмов на 52% к контролю.

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений, соломы и инокуляции семян ячменя на общую численность микроорганизмов под ячменем, (n=9)

Вариант	Общая численность микроорганизмов, млн КОЕ/г		
	M±m	lim	V,%
Контроль	315,46±64,9	140,3-705,6	58
Солома	325,92±53,1	102,4-654,1	46
Инокуляция	301,72±48,7	114,4-619,9	46
Солома+ инокуляция	479,47±135,1	149,1-1393,3	80
N ₁₈ P ₄₂	359,48±66,0	126,9-818,0	52
N ₁₈ P ₄₂ + солома	441,33±80,3	171,0-907,2	51
N ₁₈ P ₄₂ + инокуляция	407,87±79,3	147,5-934,8	55
N ₁₈ P ₄₂ + солома+ инокуляция	374,98±81,6	170,1-788,2	62

Литература

1. Панкратова Е.М., Трефилова Л.В. Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – № 1. – С. 4-14.
2. Трефилова Л.В., Патрушева М.Н. Эффективность использования цианоризобияльного консорциума при выращивании гороха посевного // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – № 3. – С. 67-75.
3. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
4. Шулико Н.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири: специальность 06.01.04 "Агрохимия": Дисс. канд. с.-х. наук / Шулико Наталья Николаевна. – Новосибирск, 2017. – 169 с.
5. Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Тукмачева Е.В. Фитотоксичность чернозема выщелоченного при выращивании ячменя ярового // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (24). – С. 52-57.
6. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1993. – 175 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

УДК 631.8:631.46:631.6
ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ ОРОШАЕМОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ
ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю.
ФГБНУ Омский аграрный научный центр
shuliko@anc55.ru

Аннотация. Исследования проводились в орошаемом стационарном опыте ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в южной лесостепи Западной Сибири. Под культурами восьмипольного зернотравяного севооборота (многолетние травы (свербига восточная *Bunias orientalis* L. + кострец безостый *Bromopsis inermis* L. + козлятник восточный *Galega orientalis* Lam. 6-8 г.ж.), ячмень яровой (*Hordeum vulgare* Leys.) определялась численность различных физиологических групп микроорганизмов. Сочетание факторов орошения, применения минеральных удобрений ($N_{30-60}P_{60}$) в вариантах опыта способствовало росту численности определяемых групп микроорганизмов. При интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур угнетения численности агрономически важных групп микроорганизмов не выявлено, что свидетельствует о стабильной экологической ситуации в агрофитоценозе.

Ключевые слова: орошение, минеральные удобрения, биологическая активность, почвенные микроорганизмы.

При оценке плодородия и экологического состояния почв важное значение имеют агробиологические методы, основанные на определении численности почвенной микрофлоры, устойчивости микробоценоза к антропогенным воздействиям [1-3].

Оптимизация водного режима при орошении вызывает изменения агрохимических и биологических свойств почв, которые усиливаются при внесении удобрений [4-6]. Микроорганизмы поддерживают гомеостаз почв и быстро реагируют на изменения в среде обитания. Почвенная микрофлора является индикатором состояния пахотных почв, играет ведущую роль в круговороте азота [7, 8].

Целью исследований было определить влияние изучаемых агроприемов на почвенную микрофлору, а также возможные неблагоприятные изменения биологических (экологических) свойств лугово-черноземной почвы.

Исследования проводились в 2015-2017 гг. в многофакторном стационарном полевом опыте, заложенном на территории межхозяйственной Пушкинской оросительной системы (НПХ "Омское" - филиал ФГБНУ «Омский АНЦ», Омский район).

Учёт почвенных микроорганизмов проводили на плотных питательных средах общепринятыми методами [9].

Метеоусловия 2015-2017 гг. исследований были различными, ГТК=0,7-1,09. Контрастность лет исследований позволила оценить действие изучаемых

агроприёмов на биологическую активность почвы под посевом сельскохозяйственных культур.

Известно, что микробиологическая активность почвы, являющаяся одним из индикаторов экологического состояния агроценоза, повышается при сочетании приема орошения с внесением удобрений [4].

В 2015-2016 гг. в почве под посевом многолетних трав (свербига восточная *Bunias orientalis* L. + кострец безостый *Bromopsis inermis* L. + козлятник восточный *Galega orientalis* Lam. 6-8 г.ж.) количество бактерий-аммонификаторов на мясо-пептонном агаре (МПА) и амилолитических микроорганизмов на крахмало-аммиачном агаре (КАА), на удобренном фоне существенно не различалось с контрольным вариантом, максимально превышая его на 23% (рис. 1).

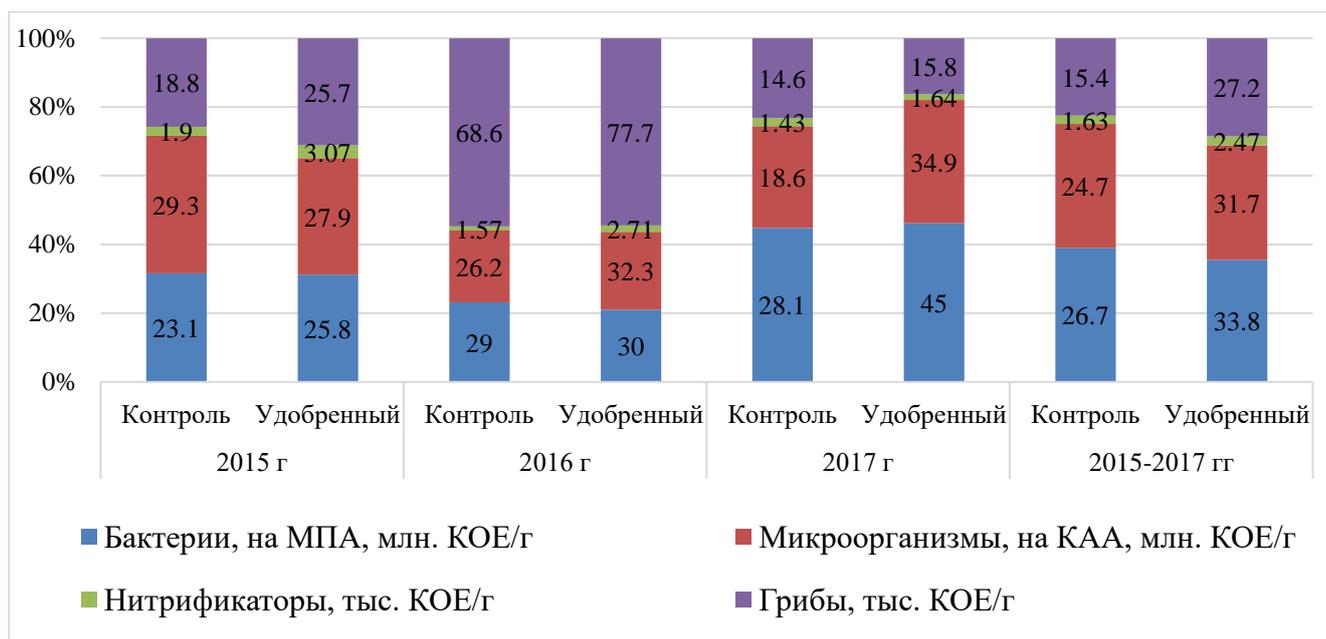


Рисунок 1 – Биологическая активность орошаемой почвы под многолетними травами, 2015-2017 гг.

При возделывании многолетних трав на орошаемом фоне в 2015 и 2016 гг. в наибольшей степени усилился рост численности нитрифицирующих бактерий – 61,6 и 72,6% к контролю соответственно, а также грибов в 2015 г. – на 36,7% к контролю. Увлажнение почвы в июне-июле 2016 г., когда дополнительно к норме выпало 87,7 мм осадков способствовало росту численности почвенных грибов (68,6-77,7 тыс. КОЕ/г). В 2017 г. под влиянием удобрений численность бактерий-сапрофитов и амилолитических микроорганизмов возросла на 60 и 87% к контролю соответственно, что связано с улучшением питания микроорганизмов при благоприятных погодных условиях. За годы исследований внесение удобрений под многолетние травы при орошении в наибольшей степени стимулировало численность нитрифицирующих бактерий и грибов на 51,5 и 76,6% к контролю.

Применение минеральных удобрений под ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.) в условиях орошения оказало стимулирующее воздействие на численность различных групп микроорганизмов (рис. 2).

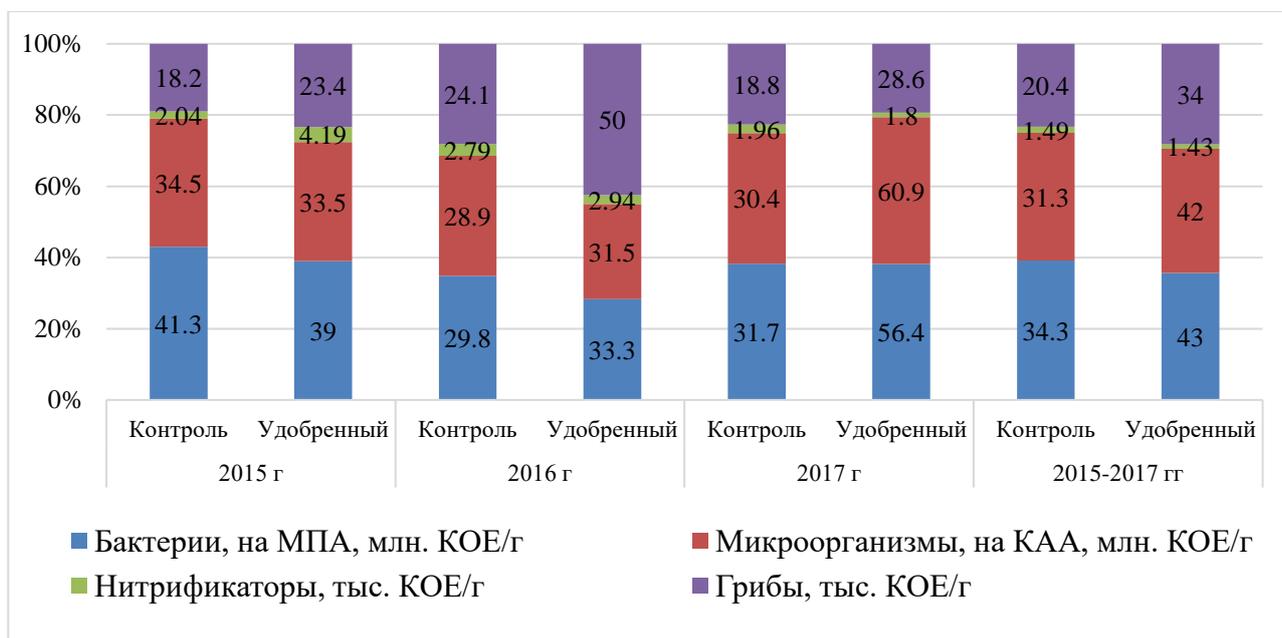


Рисунок 2 – Биологическая активность орошаемой почвы под ячменём, 2015-2017 гг.

В 2015 г. в два раза в сравнении с контролем на удобренном фоне увеличилось количество нитрификаторов, в 2016-2017 гг. – грибов на 107 и 52% соответственно. В 2017 г. на 78% возросла численность сапрофитных бактерий, актиномицетов - на 100% (в два раза) по отношению к контролю.

Таким образом, многолетнее орошение лугово-черноземной почвы не оказало негативного воздействия на её биологические свойства, а применение интенсивной технологии возделывания культур в севообороте стимулировало рост численности почвенных микроорганизмов и их жизнедеятельность.

Литература

1. Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 580-587.
2. Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Тукмачева Е.В. Фитотоксичность чернозема выщелоченного при выращивании ячменя ярового // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4(24). – С. 52-57.
3. Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, О.Ф. Хамова, А.Г. Щитов [и др.] // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 42-46.
4. Тимохин А.Ю., Бойко В.С. Зернобобовые культуры в системе орошаемого агроценоза. – Омск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Омский аграрный научный центр", 2021. – 164 с.

5. Черноземы: свойства и особенности орошения / В.П. Панфилов, И.В. Слесарев, А.А. Сеньков [и др.], отв. за выпуск С.С. Трофимов: Институт почвоведения и агрохимии СО РАН. – Новосибирск: Новосибирское отд. издательства Наука. – 1988. – 256 с.
6. Биологическая активность орошаемой лугово-черноземной почвы и продуктивность сои в зависимости от условий минерального питания в южной лесостепи Западной Сибири / О.Ф. Хамова, В.С. Бойко, А.Ю. Тимохин, Н.Н. Шулико // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – № 4 (176). – С. 96-100.
7. Иванов А.Л. Роль микробиологии в оценке почвенных ресурсов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №6. – С. 26-28.
8. Оценка состояния почв г. Кирова методами химического анализа и биодиагностики / С.Г. Скугорева, Л.И. Домрачева, М.А. Бушковская, Л.В. Трефилова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Матер. XV Всерос. научн.-практич. конф. с международ. уч. – Кн. 1. – Киров: ВятГУ, 2017. – С. 119-124.
9. Теппер Е.З., Шильникова В.К. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. - 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Домрачева Л.И. К юбилею Евгении Матвеевны Панкратовой (свет негаснувшей звезды)	3
Березюк Ю.Н., Бырса М.Н., Бурцева С.А. Действие препарата цианобактериальной природы BioR на продуктивность биомассы и липидный состав штаммов <i>Streptomyces</i>	9
Богдан Н.Ю., Сланина В.А. Биологически активные вещества водных микроорганизмов	14
Бырса М.Н., Бурцева С.А., Васильчук А.В., Гарбузняк А.А., Чеботарь В.И. Антимикробная активность штамма <i>Streptomyces massasporeus</i> CNMN-As-06 после длительного хранения в лиофильном виде	19
Вейнбендер А.А., Солдатова Л.Т., Поползухина Н.А., Хамова О.Ф. Влияние инокуляции ризоторфином семян сои на биологическую активность почвы в ризосфере различных сортов	24
Величко Н.В., Рабочая Д.Е., Макеева А.С., Пиневиц А.В. Таксономическое разнообразие цианобактерий в антарктических почвенных сообществах, выявленное методом флуоресцентной <i>in situ</i> гибридизации	27
Домрачева Л.И., Ковина А.Л. Испытание антагонистической активности микромицетов старинных гербарных образцов	31
Дорохова М.Ф. Почвенные цианобактерии научно-учебной станции МГУ им. М.В. Ломоносова «Сатино»	33
Емелев С.А., Савиных Е.Ю. Влияние биопрепаратов на урожайность ярового ячменя Родник Прикамья	39
Ефремова Е.В., Забубенина Ю.С., Лежнина О.В., Трефилова Л.В., Домрачева Л.И. Особенности эпифитной микробиоты семян пихты корейской (<i>Abies koreana</i>)	43
Ефремова Е.В., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Методы биотехнологии получения посадочного материала хвойных растений	48
Забубенина Ю.С., Ефремова Е.В., Лежнина О.В., Домрачева Л.И. Микробиологический анализ почв микрорайона «Чистые пруды» города Кирова	53
Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Роль педобиоты в улучшении жизнедеятельности растений	57
Колотилова Н.Н. Фототрофные микробные сообщества Тамбуканского озера: история исследований и модельные опыты	63
Кондакова Л.В. Альгоцианофлора луговых экосистем	65
Кутявина Т.И., Кондакова Л.В., Ашихмина Т.Я. Влияние цианобактерий на состояние водной среды эвтрофированного водоема	70
Лежнина О.В., Забубенина Ю.С., Ефремова Е.В., Трефилова Л.В., Домрачева Л.И. Особенности эпифитной микробиоты семян лядвенца рогатого (<i>Lotus corniculatus</i>)	73

Лыбенко Е.С., Леконцева Т.А., Стаценко Е.С. Влияние биопрепаратов на урожайность льна-долгунца сорта Белочка	77
Маградзе Е.И. Исследование пролонгированного действия нового удобрения, полученного путем выращивания стрептомицетов на молочной сыворотке, на примере кресс-салата (<i>Lepidium sativum</i> L.) в лабораторных условиях	82
Маслов М.Н., Маслова О.А. Влияние температуры и влажности на активность нитрификаторов в торфоземах разного типа землепользования	86
Мельникова А.А., Комова А.В., Намсараев З.Б. AlgalTextile – новый биогибридный материал для очистки сточных вод	90
Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Караева Ю.В. Биодegradация опасных соединений: второе десятилетие исследований	94
Ножкина О.А. Перфильева А.И., Каропова М.С., Граскова И.А. Влияние ряда нанокмполитов селена на почвенные микроорганизмы	98
Норовсурэн Ж., Басхуу Ж., Алтансук Б., Доржсурэн Ч. Плодородие почв и актиномицеты саксаульного леса Монголии	103
Норовсурэн Ж., Разина А.А. Штамм <i>Streptomyces</i> sp. против грибных фитопатогенов	107
Огородникова С.Ю., Пестов С.В., Софронов А.П. Ответные биохимические реакции древесных растений на действие насекомых – галлообразователей	110
Патова Е.Н., Новаковская И.В., Сивков М.Д. Таксономическое и функциональное разнообразие альгоцианобактериальных комплексов горных экосистем северных регионов Урала	114
Полянская Л.М., Максимова И.А., Анучина Е.Д. Соотношение биомассы грибов и бактерий в темногомусовой лесной почве и ее окультуренном варианте	117
Ренгартен Г.А. Основные организмы-индикаторы плодородия почв на севере России	121
Стариков П.А., Шешегова Т.К. Скрининг изолятов <i>Trichoderma</i> spp., перспективных для биоконтроля <i>Fusarium culmorum</i>	128
Товстик Е.В., Скугорева С.Г., Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я. Изучение высвобождения питательных веществ из удобрения контролируемого действия	131
Трухина Е.Л., Зыкова Ю.Н., Ахмедов Г.Р. Использование цианобактериальных ассоциаций при выращивании ячменя сорта Изумруд	135
Тукмачева Е.В. Фитотоксичность лугово-черноземной почвы при выращивании озимой пшеницы	140
Тупикова Г.С., Егорова И.Н. Биологические почвенные корочки в сухостепных экосистемах Байкальской котловины	143

Фокина А.И., Скугорева С.Г., Кислицына Е.А. Антиоксидантная система Melissa лекарственной в условиях контаминации субстратов выращивания микромицетом <i>Fusarium culmorum</i>	146
Хамова О.Ф., Леонова В.В. , Юшкевич Л.В. Влияние интенсивности и длительного применения средств комплексной химизации на микро- и альгофлору лугово-черноземной почвы	151
Цуркан О.П. Антимикробная активность штаммов микроводорослей и цианобактерий, выделенных из озера Ла Извор (у родника)	156
Цыренова Д.Д., Норовсурэн Ж. <i>Lyngbya contorta</i> – единственный вид цианобактерий в реке Чонохарайх (Монголия)	162
Чевердин Ю.И., Чевердин А.Ю. Изменение микробиологической активности чернозема под влиянием diaзотрофных штаммов микроорганизмов	164
Черемисинов М.В., Метелёва А.О., Машковцева В.В. Влияние биологических препаратов на всхожесть и зараженность семян ячменя	167
Черемисинов М.В., Метелёва А.О., Чупракова А.А. Изучение фунгицидного действия биопрепаратов на растения ячменя сорта Изумруд	171
Широких И.Г., Назарова Я.И., Боков Н.А. Жизнеспособность и стабильность культур стрептомицетов при различных способах длительного хранения	175
Шулико Н.Н. Влияние длительного применения удобрений на численность почвенной биоты	179
Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю. Изменение микрофлоры орошаемой лугово-черноземной почвы при применении удобрений	183

Научное издание

Микроорганизмы и плодородие почвы

МАТЕРИАЛЫ

**I Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием, посвященной 90-летию со дня
рождения профессора Евгении Матвеевны Панкратовой**

Технический редактор Окишева И.В.

610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133.

ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ

Тел. 54-86-88, факс. (8332) 548633,

E-mail – info@vgsha.info

<http://www.vgsha.info>

Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.
Все права на размножение и распространение сборника материалов научно-
практической конференции «Микроорганизмы и плодородие почвы» в
любом формате остаются за ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ.

Сборник составлен с оригинал-макетов, предоставленных авторами.