МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах

Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной

Киров 2025

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

Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах

Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной

1 июля 2025 г.

Киров 2025

УДК 582.26 ;631.466
ББК 40.325
В 62

Редакционная коллегия:
Шабалин Н. В. – главный редактор, врио ректора, кандидат исторических наук;
Суханова М. С. – заместитель главного редактора, врио проректора по научной работе и инновациям, кандидат биологических наук;
Черемисинов М. В. – ответственный за выпуск, и. о. заведующего кафедрой агробиотехнологии, ландшафтной архитектуры и пищевых производств, кандидат сельскохозяйственных наук;
Домрачева Л. И. – доктор биологических наук, профессор;
Ковина А. Л. – кандидат биологических наук, доцент;
Трефилова Л. В. – кандидат биологических наук, доцент.

В 62 **Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах** : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной, 1 июля 2025 г. / редколлегия: Н. В. Шабалин, М. С. Суханова, М. В. Черемисинов [и др.] ; Министерство сельского хозяйства РФ, ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ. – Киров : Вятский ГАТУ, 2025. – 103 с.

УДК 582.26 ;631.466
ББК 40.325

В сборнике помещены статьи участников конференции. Опубликованные работы охватывают широкий круг вопросов, связанных с изучением систематики, экологии, физиологии, генетики, метаболизма водорослей и цианобактерий, их взаимоотношений с другими организмами, а также их практического использования.

Материалы конференции издаются в авторской редакции. За ошибки и неточности, допущенные авторами в статьях, редакционная коллегия ответственности не несет.

© ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ, 2025
© Коллектив авторов, 2025

Содержание

Домрачева Л. И. Эмилия Адриановна Штина – выдающаяся фигура отечественной альгологии 5
Ван Эрп И. И., Махмутов А. Р., Псянчин Б. Т., Асманов И. Н, Ренгантхан П., Суханова Н. В., Гайсина Л. А. Оценка экологического состояния озера Теплое (г. Уфа) методом альгоиндикации 9
Гайсина Л. А., Жасинту М. Д., Хилажетдинова Л. Б., Муфазалова А. С., Ухаткина К. Б., Суханова Н. В., Сущенко Р. З., Пшеничнюк К. С., Псянчин Б. Т., Асманов И. Н., Зиганшина Г. Д., Ахъямов А. Ш. Влияние суспензий водорослей *Chlorella vulgaris* Bejerinck и *Pseudoccomyxa simplex* (Mainx) FOTT на пшеницу мягкую сорта «Зауральская жемчужина» 11
Домнина Е. А. Изучение содержания тяжелых металлов в эпифитном лишайнике *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. 15
Дорохова М. Ф., Якушев А. В., Шайдурова А. Д. Альго-цианобактериальные сообщества почв детских площадок Юго-Востока Москвы 18
Егорова И. Н. Материалы к биоразнообразию почвенной альгофлоры Южного Предбайкалья 23
Ермакова П. Ю., Батаева А. Д., Батаева Ю. В. Ризосферная колонизация растений семейства Araceae цианобактериями 26
Захарова О. А. Ксения Петровна Гемп – основоположник альгологии и технологии производства агара в стране 29
Ковина А. Л. Опыт использования *Aristolochia manchuriensis* для вертикального озеленения 33
Коротких А. И., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Особенности эпифитной микробиоты некоторых хвойных растений 37
Макеева Е. Г., Семенова В. В. Структура эпифитных диатомовых сообществ *Phragmites australis* (cav.) Trin. ex Steud. оз. Иткуль (Республика Хакасия) 42
Новаковская И. В., Патова Е. Н., Макеева Е. Г. Находки двух редких видов зеленых водорослей в снежниках Урала и Саян 46
Патова Е. Н., Новаковская И. В., Сивков М. Д Сообщества почвенных цианобактерий и эукариотных водорослей в восстановлении напочвенного покрова после сплошной рубки елового леса 50
Попова М. А., Зубишина А. А. Поиск и изучение бактерий с антицианобактериальными свойствами 52
Renganathan P., Puente Rueda E. O. Microbial bioinoculants for salinity resilience: harnessing nitrogen-fixing halobacteria in legume agroecosystems 56
Ренгартен Г. А. Водоросль хлорелла – ценный объект для отрасли растениеводства 62
Ренгартен Г. А. Деградация окружающей среды (на примере Кировской области) 66
Ренгартен Г. А. Перспективы использования папоротника Азолла в сельском хозяйстве России 70

Ренгартен Г. А., Черемисинов М. В. Научная деятельность и научная школа Эмилии Адриановны Штиной 74
Стариков П. А., Абазов В. Р., Ордина А. Р., Полякова В. А. Сравнение антифунгальной активности *Trichoderma atroviride* К-01П и известных штаммов-антагонистов 79
Трефилова Л. В. Фитосанитарное действие цианобактерий 82
Трухина Е. Л. Сравнительный анализ пригодности различных субстратов для выращивания растений 86
Цубера М. Г. Эффективность применения различных биопрепаратов для размножения Сенполии (*Saintpaulia*) 90
Черемисинов М. В., Попыванова И. Б. Участие обучающихся в проектной деятельности и формирование экологической культуры 95
Шавкунова И. Д., Руфина И. В., Черемисинов М. В. Сравнительная характеристика гибридов перца для условий Кировской области 98

УДК 582.26:631.46

ЭМИЛИЯ АДРИАНОВНА ШТИНА – ВЫДАЮЩАЯСЯ ФИГУРА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АЛЬГОЛОГИИ

Домрачева Л. И.[1, 2]
[1]*Вятский государственный агротехнологический университет,*
nm-flora@yandex.ru,
[2]*Институт биологии Коми НЦ УРО РАН,*
dli-alga@mail.ru

Имя Эмилии Адриановны Штиной стало легендой ещё при её жизни, превратившись в мировой символ почвенной альгологии.

Она родилась 1 июля 1910 года в Вятской губернии, которая в царской России была местом ссылки. Вся её дальнейшая научная, общественная и педагогическая деятельность была связана с Советским Союзом. Закат своих дней она встретила в новой России, так не привыкнув и не смирившись, что её многие ближайшие друзья, коллеги, ученики стали жителями чужих государств – Украины, Молдовы, Грузии, Азербайджана, Узбекистана, Литвы, Эстонии, Таджикистана, Армении, Казахстана. Не было ни одной страны в мире, кроме СССР, где бы так тщательно изучался состав флоры водорослей в различных типах почвы в каждой из союзных республик. Тот факт, что в маленький Киров, где жила Штина, съезжались специалисты по почвенным водорослям со всей страны – от Петрозаводска до Якутска и Магадана, от Талина и Кишинёва до Ташкента и Душанбе, – красноречиво говорит о её авторитете. Они приезжали на всесоюзные форумы и просто для личных консультаций. В годы, которые позднее назвали застоем, кипела научная жизнь на кафедре ботаники Кировского сельскохозяйственного института, на кафедре, которую долгие годы возглавляла Эмилия Адриановна, на кафедре, где за проведением опытов и микроскопами её ученики засиживались до глубокой ночи, и освещённые окна здания агрономического факультета были единственными яркими окнами на спящем проспекте [1].

Эмилия Адриановна ушла из жизни в возрасте 97 лет, завершив великую судьбу учёного. Эти годы вместили все ужасы, горести, завоевания и победы 20 века – I и II мировые войны, гражданскую и Великую Отечественную войну, революции, коллективизацию, построение социализма, пятилетки, наши победы в космосе, победы советской науки и её упадок в годы развала СССР. И все эти годы Эмилия Адриановна всегда была окружена любовью и преданностью своих родных и близких, коллег, друзей, учеников. Она была воплощением дружбы и выдающимся наставником, сумевшим создать сплочённое братство последователей. Этот коллектив, в который входили люди разных поколений и географических точек, объединяла общая духовная принадлежность – имя Эмилии Штиной. Все мы, работавшие с ней, так и остались навсегда «птенцы гнезда Штинова».

Несмотря на внешнюю хрупкость, она отличалась твёрдым умом, сильной волей и исключительной трудоспособностью. Кроме того, на протяжении всей своей жизни, начиная с 12-летнего возраста, она систематически вела личные дневники. Даже фрагменты дневника, изданные в виде воспоминаний «Моя долгая жизнь», раскрывают облик незаурядной, умной, стойкой и чрезвычайно интересной женщины. Её дневники – это летопись века, летопись эпохи, всего, что «это было с друзьями и со страной, это в сердце было моём». Дневники – рассказ о провинциальном детстве и юности, наполненных дружбой, книгами, природой и выбором жизненного пути. В 17 лет Э. А. пишет: «Во мне расцветает безумная жажда жизни. Жить! Как угодно, кем угодно, но жить. Жить и знать! Главное – знать! Как хочется мне, как дико страстно хочется всё знать! О, вот она моя цель, мой «смысл», моё «содержание» – знание, природа». Жажда знаний привела Э. А. сначала на химико-биологическое отделение Вятского педагогического института, затем в аспирантуру МГУ к выдающемуся отечественному ботанику Константину Игнатьевичу Мейеру. В аспирантуре она получила специальность по альгологии. Её кандидатская диссертация посвящена изучению альгофлоры рек Вятки, Камы и других водоёмов Кировской области.

В последующем, работа в Кировском сельскохозяйственном институте (ныне – Вятская сельскохозяйственная академия) определила дальнейшее направление исследовательской работы Э. А. Штиной – изучение почвенных водорослей. В докторской диссертации «Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области и их роль в почвенных процессах», которую она защитила в 1956 г., были заложены основы глубокого, всестороннего изучения почвенных водорослей. Э. А. Штина и её многолетний соавтор и друг, ленинградский альголог Максимилиан Максимилианович Голлербах фактически стали основоположниками новой науки – почвенной альгологии.

Исследования Эмилии Адриановны Штиной посвящены решению фундаментальных проблем и глубокому изучению природных процессов. Это обеспечило им статус вневременной классики, поставив её в один ряд с великими учёными, чьи открытия не теряют актуальности.

Направления почвенной альгологии, разрабатываемые Э. А. и её учениками, были связаны с изучением состава, численности и закономерностей распространения водорослей в различных типах почвы. Подробно изучена экология почвенных водорослей, их зависимость от условий среды и взаимодействие с другими обитателями почвы – бактериями, грибами, беспозвоночными. Установлена роль водорослей в создании и восстановлении почвенного плодородия – накопление ими органического вещества, их противоэрозионное значение, их роль в рекультивации нарушенных земель. Многочисленные исследования посвящены влиянию водорослей на высшие растения и разработке приёмов практического использования водорослей. Впервые было показано, что водоросли можно применять для биологической индикации состояния почвы, загрязнённой агрохимикатами или испытывающей техногенное воздействие.

Эмилию Адриановну можно назвать счастливым человеком. Всю жизнь она занималась обожаемой работой, а дома её ждала крепкая семья – любимый муж, дети и внуки, дарившие ей свою любовь и понимание. Её письма к мужу всегда начинались: «Здравствуй, родной мой…». Муж был для неё не только любимым мужчиной, но самым верным другом, разделяющим с Э. А. все научные поиски и замыслы. После его смерти Э. А. постоянно поддерживала связь с однополчанами мужа, а праздник Победы был для неё одним из самых святых и великих праздников.

Э. А. была человеком редкой преданности и прекрасным другом. В 75 лет она пишет М.М. Голлербаху: «Пожалуйста, береги себя, ты так нужен! Чем больше людей нашего поколения уходит безвозвратно, тем ценнее остающиеся светлые умы, несущие в себе мудрость и опыт многих поколений. Наша задача - бороться за человеческое достоинство путём активной работы. Я горжусь тем, что кому-то отдала лучи радости».

В 88 лет в своём дневнике Э. А. пишет: «Кто я? По темпераменту – меланхолик (восприятие медленное, но глубокое). По жизненной стратегии – верблюд (выносливость, терпение, работоспособность, неумение быть лидером). Хорошая, но избирательная память – хорошее помнится, плохое забывается… Неумение «качать права»… Вся жизнь – жизнь того поколения, которое называют «совками», высмеивают, поливают грязью.

Счастливейшее поколение думающих, а не только жрущих людей. А сколько хороших людей было в моей жизни! Все периоды моей жизни несли свою долю счастья…»

В одном из своих интервью Эмилия Адриановна отмечала: «В науку попадали разные люди, были и «зубры», и «карьеристы», и «рабочие лошадки». На последних, как правило, держалась основная работа, они создали то, чем пользуются и ешё будут пользоваться люди долгое время. Я – старая рабочая кляча…»

Эмилия Адриановна Штина была и остаётся бесспорным лидером и символом почвенной альгологии; была и остаётся нашим мудрым учителем и другом. Повторить её путь невозможно. Но все мы в своих трудах можем и обязаны отстаивать приоритет российской почвенной альгологии [2-11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Домрачева, Л. И. К 100-летию со дня рождения Э. А. Штина / Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова // Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге / Редакционная коллегия: Е. Н. Патова (отв. редактор), М. В. Гецен, С. С. Баринова, Л. Н. Волошко, Л. Г. Корнева, С. Ф. Комулайнен, Л. Е. Сигарёва, А. С. Стенина, М. И. Ярушина. – Екатеринбург : Уральское отделение РАН, 2011. – С. 5-7.

2. Гайфутдинова, А. Р. Перспективы использования *Fisherella muscicola* и азида натрия для подавления развития *Fusarium solani* / А. Р. Гайфутдинова, Л. И.

Домрачева, Л. В. Трефилова // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – № 2. – С. 67-75.
3. Оптимизация микробиологического состава биопрепарата при выращивании лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.). / Л. И. Домрачева, Д. В. Козылбаева, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова, Ю. Н. Зыкова, М. Н. Грипась, В. А. Изотова // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 1. – С. 94-101.
4. Почвенная альгология : учебно-методическое пособие для обучающихся в высших учебных заведениях / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова. – Киров : Вятская ГСХА, 2017. – 86 с.
5. 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.
6. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров, 2020. – Ч. 1. – С. 22-39.
7. Совершенствование тетразольно-топографического метода биотестирования с использованием цианобактерий / А. И. Фокина, Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, С. Г. Скугорева, Е. И. Лялина, Л. В. Трефилова // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 1. – С. 31-41.
8. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
9. Антагонистическая и сорбционная активность моно-, бинарных и трёхвидовых биоплёнок почвенных цианобактерий / А. И. Фокина, С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 3. – С. 119-125.
10. Специфика растительно-микробных комплексов при антропогенном загрязнении почвы (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 14-25.
11. Использование почвенных цианобактерий при выращивании бобовых культур / Л. И. Домрачева, Д. В. Казакова, Л. В. Трефилова [и др.] // Современные аспекты сельскохозяйственной микробиологии, Москва, 07-08 декабря 2016 года. – Москва : ООО «Литера Принт», 2016. – С. 42.

УДК 574.58

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ТЕПЛОЕ (ГОРОД УФА) МЕТОДОМ АЛЬГОИНДИКАЦИИ

Ван Эрп И. И [1]., Махмутов А. Р. [2], Псянчин Б. Т. [1], Асманов И. Н. [1], Ренгантхан П. [1], Суханова Н. В. [1], Гайсина Л. А. [1, 3]

[1]*Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, lira.gaisina@mail.ru*

[2]*Уфимский университет науки и технологий*

[3]*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии*

Аннотация. В результате исследования альгофлоры озера Тёплое, являющегося прудом охладителем Уфимской ТЭЦ-2, было обнаружено 52 вида из 4 отделов: Cyanobacteria – 7, Chlorophyta – 14 (Chlorophyceae – 11, Trebouxiophyceae – 3), Ochrophyta – 29 (Bacillaryophyceae – 27, Xanthophyceae – 2), Charophyta – 2 вида. Наиболее распространенным видом была *Melosira varians*, которая встречалась в больших количествах во всех пробах. Видовой состав водорослей и цианобактерий водоема был типичным для пресноводных водоемов и свидетельствовал о его экологической безопасности.

Ключевые слова: альгофлора, диатомовые водоросли, *Melosira varians, Desmodesmus armatus, Microcystis flos-aque*

Биологическая индикация является перспективным методом оценки состояния окружающей среды, она позволяет наглядно увидеть влияние различных антропогенных факторов на живые системы. Альгоиндикация – это метод биоиндикации качества воды, основанный на изучении состава, обилия и видового разнообразия водорослей в водных объектах для оценки степени их загрязнения органическими веществами [1-3]. Озеро Тёплое является прудом-охладителем Уфимской ТЭЦ-2, который располагается в черте города Уфы в жилом районе Инорс. Водоем является излюбленным местом летнего отдыха среди жителей района, на нём функционируют два официальных пляжа, комплекс сооружений по гребному слалому, общественное пространство «Теплый берег». Благодаря промышленным теплообменникам вода не замерзает круглый год.

Материалом для исследования послужили 13 проб воды, отобранных 27 апреля 2025 года в озере Теплое. Отбор проб осуществляли путем зачерпывания пластиковыми бутылями объемом 0,5 л воду возле береговой линии после взбалтывания воды для того, чтобы в пробу попал осадок со дна озера.

Для изучения видового состава альгофлоры использовали несколько методов: непосредственное исследование воды; изучение воды с добавлением питательной среды Z8; анализ клональных культур цианобактерий и водорослей с использованием метода разбавления [4].

Добавление питательной среды в воду в соотношении 1:1 применяли для интенсификации развития водорослей и цианобактерий.

При использовании метода разбавления каплю воды из озера наносили на поверхность агаризованной среды Z8 в чашках Петри [4]. Затем чашки Петри культивировали при комнатной температуре 20-25°С при освещенности 40 мкмоль/м^2 в секунду, обеспечиваемой люминесцентными лампами мощностью 18 Вт в круглосуточном режиме в течение 10 дней. После этого чашки хранили при температуре 4°С в холодильнике с прозрачной дверцей при естественном дневном освещении.

Наблюдения за водорослями и цианобактериями проводили с помощью микроскопа Zeiss Axio Imager A2 с реализацией ДИК-контраста и системой визуализации AxioVision 4.9. Микрофотографии выполнялись при помощи камеры AxioCam MRc при увеличении в 1000 раз с масляной иммерсией. Для идентификации таксонов были использованы соответствующие определители. Для уточнения названий и таксономии цианобактерий и водорослей была использована база данных Algaebase [5, 6].

При исследовании альгофлоры озера Теплое было обнаружено 52 вида из 4 отделов: Cyanobacteria – 7, Chlorophyta – 14 (Chlorophyceae – 11, Trebouxiophyceae – 3), Ochrophyta – 29 (Bacillaryophyceae – 27, Xanthophyceae – 2), Charophyta – 2 вида.

Как видно из этих данных, диатомовые водоросли были наиболее многочисленной группой водорослей. Наиболее распространенным видом была *Melosira varians*, которая встречалась в больших количествах во всех пробах. Нити мелозиры можно было увидеть невооруженным глазом, они напоминали коричневатые волоски. Этот вид является обычным для озер и рек, он не является требовательным к качеству воды, однако может обнаруживаться и в чистых водоемах.

Во всех пробах были обнаружены представители рода *Nitzschia* – *Nitzschia acicularis, N. communis, N. linearis* и *N. palea*. Эти виды широко распространены в пресноводных экосистемах. Остальные виды диатомовых водорослей также являются типичными обитателями водоемов.

Среди зеленых водорослей наиболее часто в пробах встречались пресноводные планктонные виды *Ankistrodesmus falcatus, Desmodesmus armatus, Kirchneriella lunaris, Monoraphidium dybowskii, Chlorella vulgaris*, были обнаружены также *Micractinium* sp. и *Pediastrum* sp.

Было обнаружено 7 видов цианобактерий, среди которых можно выделить типичные водные виды *Pseudoanabaena catenata* и *Stenomitos* cf. *frigidus*. Особо следует отметить обнаружение вида *Microcystis flos-aquae*, который вырабатывает токсины и может вызывать цветение воды. Это обстоятельство очень важно с точки зрения безопасности воды озера Теплое для человека.

Особый интерес также вызывает находки водорослей *Xanthonema debile* и *Tribonema* sp. Известно, что желтозеленые водоросли является показателями чистоты окружающей среды.

Таким образом, исследование альгофлоры озера Теплое показало, что видовой состав водорослей и цианобактерий водоема является типичным для пресноводных водоемов и свидетельствуют о его экологической безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кабиров, Р. Р. Альготестирование и альгоиндикация (методические аспекты, практическое использование) / Р. Р. Кабиров. – Уфа, 1995. – 124 с.
2. Альгоиндикация почв метилфосфоновой кислотой / Л. В. Кондакова, С. Ю. Огородникова, Л. И. Домрачева, Т. Я. Ашихмина // Мониторинг природных экосистем : Всероссийская научно-практическая конференция: сборник статей, Пенза, 09–11 июня 2008 года / под редакцией А. И. Иванова. – Пенза : Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. –С. 111-114.
3. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – Часть 1. – С. 22-39.
4. Гайсина, Л. А. Современные методы выделения и культивирования водорослей : учебное пособие / Л. А. Гайсина, А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. – Уфа : БГПУ им. М. Акмуллы, 2008. – 152 с.
5. Guiry M.D., Guiry G.M. 08 August 2025. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. https://www.algaebase.org; searched on 08 August 2025.
6. Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы: Коллективная монография / А.З. Анохина, Н.Ф. Баранов, В.Н. Батманов [и др.]. Часть 1. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – 414 с.

УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ СУСПЕНЗИЙ ВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS* BEJERINCK И *PSEUDOCCOMYXA SIMPLEX* (MAINX) FOTT НА ПШЕНИЦУ МЯГКУЮ СОРТА «ЗАУРАЛЬСКАЯ ЖЕМЧУЖИНА»

Гайсина Л. А. [1, 2], Жасинту М. Д. [3], Хилажетдинова Л. Б. [1], Муфазалова А. С. [1], Ухаткина К. Б.[1], Суханова Н. В.[1], Сущенко Р. З. [4], Пшеничнюк К. С. [1], Псянчин Б. Т. [1], Асманов И. Н. [1], Зиганшина Г. Д. [1], Ахъямов А. Ш. [1]

[1]Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, lira.gaisina@mail.ru

[2]Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,

[3]Курский государственный университет

[4]Федеральный научный центр Биоразнообразия ДВО РАН

Аннотация. Установлено стимулирующее действие суспензий водорослей ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex,* ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и суспензии на основе обеих водорослей на длину проростков и корней пшеницы мягкой. Максимальное увеличение длины проростков и корней отмечалось в экспериментах с *Pseudoccomyxa simplex,* а минимальное – с *Chlorella vulgaris*. Таким образом, было еще раз доказана перспективность применения водорослей в

растениеводстве в качестве биостимуляторов.

Ключевые слова: биостимулятор, биопрепарат, сельскохозяйственные культуры, штамм, среда Болда

В литературе имеются многочисленные сведения об эффективности водорослей в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных культур [1-5]. В этой связи большой интерес представляют мелкоклеточные виды зеленых водорослей с широким географическим распространением, приспособленные к обитанию в самых разнообразных местообитаниях. К числу таких видов относятся *Chlorella vulgaris* Bejerinck и *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott. Кроме того, эти виды водорослей легко культивируются и быстро накапливают биомассу. Особый интерес представляет изучение возможности использования этих водорослей в качестве экологически безопасных стимуляторов роста и развития сельскохозяйственных растений. В этой связи, изучение ростостимулирующей активности *Chlorella vulgaris* и *Pseudococcomyxa simplex* весьма актуально, особенно в отношении широко используемых сельскохозяйственных культур, к числу которых относится пшеница мягкая.

Целью исследования было изучение ростостимулирующего действия аутентичных штаммов ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и суспензии на основе обеих водорослей на длину проростков и корней пшеницы мягкой сорта «Зауральская жемчужина». Эксперименты проводили согласно методике, описанной в предыдущих исследованиях [6]. Для культивирования водорослей использовали среду Болда [7]. Водоросли инкубировали на люминостате с использованием ламп холодной флуоресценции Philips TLD 18W/33 при освещении 40 μmol-2 s-1 лампами и световом режиме 12/12. В экспериментах применяли суспензии с концентрацией клеток 1×10^6 клеток/мл.

В каждом варианте опыта анализировали по 100 семян. Контролем служила питательная среда Болда. Семена выращивали при комнатной температуре 7 суток, после этого срока определяли всхожесть семян, а также оценивали длину проростков и длину самого длинного корня. Для определения достоверности результатов исследований использовали критерий Стьюдента [8].

В результате проведенных исследований было обнаружено, что суспензии водорослей ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и суспензия на основе обеих водорослей оказывали стимулирующее действие на энергию прорастания семян пшеницы мягкой сорта «Зауральская жемчужина» (рис. 1). Однако наибольшее воздействие оказала суспензия хлореллы, вызывая увеличение всхожести на 9% (с 89 до 96%). Влияние суспензии псевдококкомиксы было менее выражено, энергия прорастания возрастала на 7% (с 89 до 96%). Суспензия, состоящая из смеси двух водорослей хлореллы и псевдококкомиксы, вызывала увеличение энергии прорастания на 1% (с 89 до 90%).

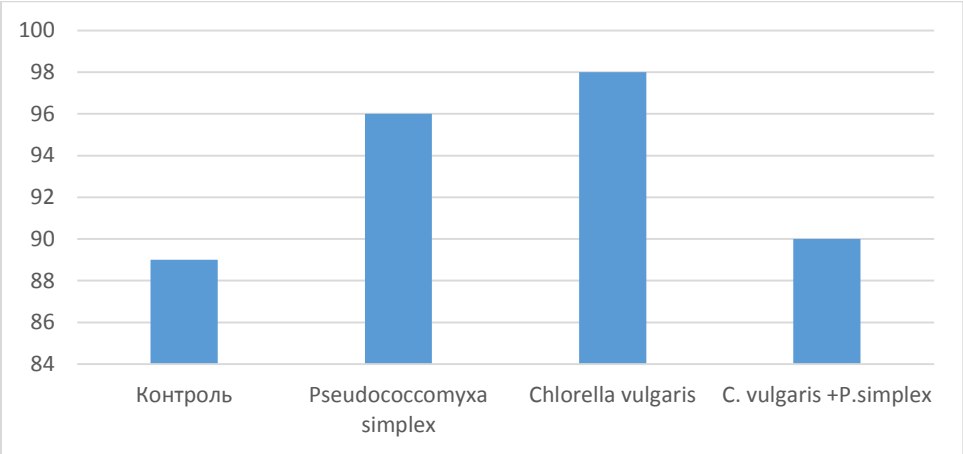

Рисунок 1 – Влияние суспензий исследованных водорослей на энергию прорастания семян пшеницы мягкой сорта «Зауральская жемчужина»

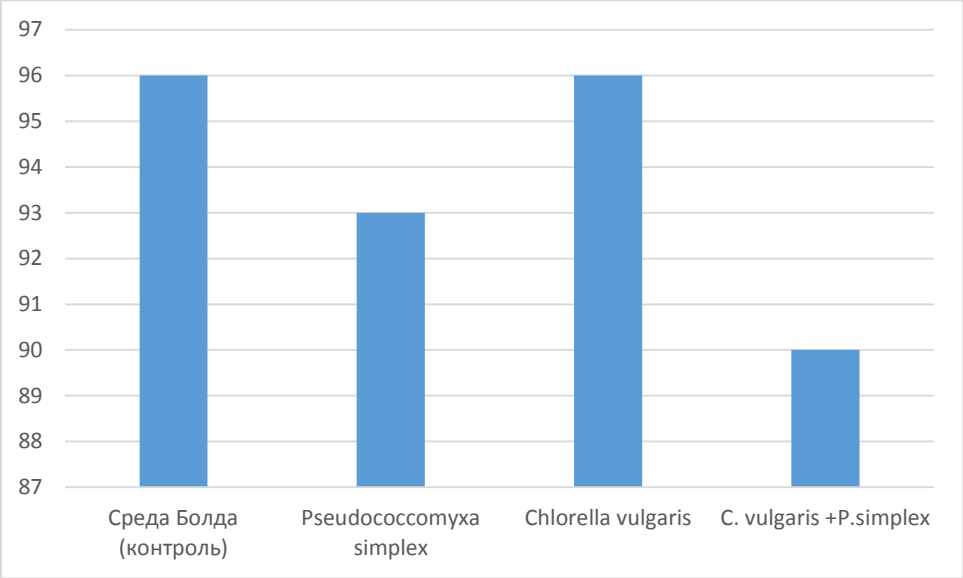

Рисунок 2 – Влияние суспензий исследованных водорослей на всхожесть семян пшеницы мягкой сорта «Зауральская жемчужина»

Эксперименты показали, что стимулирующего влияния суспензий исследованных видов водорослей на всхожесть семян не было выражено (рис. 2). При обработке семян суспензией хлореллы всхожесть была такой же, как и в контрольном варианте и составляла 96%. При обработке суспензией псевдококкомиксы и смесью суспензий хлореллы и псевдококкомиксы всхожесть семян уменьшалась на 3 и 6 % соответственно (с 96 до 93 и 90%).

Установлено, что суспензии водорослей *Pseudoccomyxa simplex*, *Chlorella vulgaris* и суспензия на основе обеих водорослей вызывали удлинение проростков и корней, причем это влияние было достоверным по критерию Стьюдента (Таблица 1).

Максимальное увеличение длины проростков (с 24,63 мм до 60,65 мм) было отмечено в варианте опыта с *Pseudoccomyxa simplex*, а минимальное (до 48,88 мм) – в варианте с *Chlorella vulgaris.*

Сходная картина отмечалась и для корней пшеницы. Наибольшее увеличение корней пшеницы отмечалось при обработке семян суспензией *Pseudoccomyxa simplex*, при этом длина корней возрастала с 22,51 мм до 72,18 мм. Суспензия *Chlorella vulgaris* оказывала наименьшее воздействие, вызывая удлинение корней пшеницы с 22,51 мм до 40,60 мм.

Таблица 1 – Влияние суспензий штаммов ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и смеси на их основе на длину проростков и корней пшеницы сорта «Зауральская жемчужина»

Вариант	N	X_{min}	X_{max}	X±S	σ	Me	CV, %	$t_{факт}$
Длина проростков, мм								
Среда Болда (контроль)	96	0,50	105,00	24,63±3,21	31,47	9,00	127,75	-
Pseudococcomyxa simplex	89	2,00	102,00	60,65±2,17	20,45	64,00	33,71	9,16*
Chlorella vulgaris	96	2,00	116,00	48,88±3,69	36,12	54,50	73,91	4,96*
Chlorella vulgaris + *Pseudococcomyxa simplex*	89	0,88	113,00	56,72±3,31	31,27	64,00	55,13	6,95*
Длина корней, мм								
Среда Болда (контроль)	93	1,00	69,00	22,51±2,36	22,74	11,00	97,85	-
Pseudococcomyxa simplex	93	5,00	105,00	72,18±1,68	16,21	73,00	22,45	16,91*
Chlorella vulgaris	96	2,00	89,00	40,60±3,04	29,75	49,00	73,27	4,50*
Chlorella vulgaris + *Pseudococcomyxa simplex*	89	2,00	85,00	47,64±2,71	25,57	55,00	53,68	6,81*

*Примечание: X_{min} – минимальное значение признака; X_{max} – максимальное значение признака; $X \pm S_x$ – средняя арифметическая и ее ошибка; Me – медиана; σ – стандартное отклонение; cv – коэффициент вариации; $t_{факт}$ – значения коэффициента Стьюдента, знаком * отмечены достоверные значения критерия Стьюдента при P = 0,05.*

Таким образом, наши эксперименты показали, что для оценки полной картины влияния суспензий водорослей на показатели роста и развития высших растений необходимо оценивать несколько параметров. Так, например, стимулирующее воздействие суспензий водорослей ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и их смеси проявилось в экспериментах по изучению энергии прорастания, длины проростков и корней. В случае же со всхожестью семян стимулирующего действия либо не было обнаружено, либо было установлено ингибирующее воздействие.

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда (проект №25-24-00481).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kim M.J., Shim C.K., Kim Y.K., Ko B.G., Park J.H., Hwang S.G., Kim B.H. Effect of biostimulator *Chlorella fusca* on improving growth and qualities of Chinese chives and spinach in organic farm // Plant Pathol J. – 2018. – Vol. 34. – P. 567-574.
2. Rachidi F., Benhima R., Sbabou L., El Arroussi H. Microalgae polysaccharides biostimulating effect on tomato plants: Growth and metabolic distribution // Biotechnol. Rep. – 2020. – Vol. 25.
3. Kapoore R.V., Wood E.E., Llewellyn C.A. Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices // Biotechnol. Adv. – 2021. – Vol. 49.
4. Choudhary N., Tripathi A., Singh P.K., Parikh H.S., Tiwari A. Application of algae for enhanced plant growth and food productivity // Systems Microbiology and Biomanufacturing. – 2024. https://doi.org/10.1007/s43393-024-00233-3.
5. Padmaja V., Padmavathi S., Pushpa Latha A.H.D. Plant Growth Promoting Algae-Based Nanoparticles in Agriculture. In: Kumar, P., Dubey, R.C. (eds) Nanofertilizers in Agriculture. Springer, Cham. – 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78096-7_8.
6. Исследование стимулирующего влияния суспензий зеленых водорослей на показатели роста и развития пшеницы мягкой / Л. Б. Хилажетдинова, А. С. Муфазалова, Н. В. Суханова [и др.] // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика : сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции и международным участием, посвященной 80-летию агрономического факультета, Киров, 17 декабря 2024 г. – Киров : Вятский ГАТУ, 2024. – С. 279-282.
7. Bishoff H., Bold H. Phycological Studies. IV. Some algae from enchanted rock and related algae species. Univ. Texas. Publ.: Texas, USA, 1963. – Vol. 6318. – P. 91-95.
8. Mishra P, Singh U, Pandey CM, Mishra P, Pandey G. Application of student's t-test, analysis of variance, and covariance // Ann Card Anaesth. – 2019. – Vol. 22. – P. 407-411.

УДК 57.044+502

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭПИФИТНОМ ЛИШАЙНИКЕ *HYPOGYMNIA PHYSODES* (L.) NYL.

Домнина Е. А.
Вятский государственный агротехнологический университет,
edomnina68@gmail.com

Аннотация. Проведено изучение фонового содержания тяжёлых металлов в районе строительства производственно-технического комплекса Экотехнопарк «Мирный». На участке 019, расположенном в непосредственной близости к железной дороге, наблюдается более высокое содержание в пробах лишайника железа, хрома, ванадия, никеля, менее выраженное – меди и мышьяка. Данные о содержании тяжелых металлов в талломах лишайника *H. physodes*, могут быть

использованы при проведении дальнейших мониторинговых исследований.

Ключевые слова: ПТК, лихеноиндикация, тяжёлые металлы, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl

Оценка состояния окружающей среды в районах промышленных объектов является составной частью комплексного экологического мониторинга [1]. При этом состояние атмосферного воздуха часто оценивают с помощью лишайников. Благодаря анатомо-морфологическим и физиологическим особенностям они поглощают из воздуха различные поллютанты и являются чуткими индикаторами промышленных загрязнений [2, 3]. Загрязняющие вещества из атмосферного воздуха могут поступать в лишайники в составе растворов и твёрдых взвешенных частиц [3]. Индикаторными свойствами лихенобиоты являются: химический состав, биохимические показатели жизнедеятельности, морфология и проективное покрытие, видовой состав, популяционная структура [5-9].

В Кировской области, согласно Постановлению Правительства РФ от 30 апреля 2019 г. (Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2019 г. № 540 «Об осуществлении бюджетных инвестиций за счет средств федерального бюджета в объекты капитального строительства в рамках федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности» (с изменениями) 31 августа 2019 г., 28 июля 2020 г.».), на базе ликвидированного объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) «Марадыковский» в пос. Мирный Оричевского района создаётся производственно-технический комплекс Экотехнопарк «Мирный» (далее – ПТК) по переработке отходов I и II классов опасности. Данный комплекс относится к I категории объектов, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду (Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 18.12.2024) "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий".), вовлекающих в производственный оборот вещества и соединения, которые ранее не присутствовали на этой территории, с малоизученным влиянием на фитоценозы.

В 2019 г. и в 2024 г. проведено обследование территории для определения фоновых показателей в растительных объектах до начала деятельности ПТК.

Целью нашей работы было изучение тяжелых металлов в талломах лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в районе ПТК.

Объектом исследования являлись талломы лишайника *H. physodes*, который доминирует в эпифитном покрове основных лесообразующих пород (сосна, ель) в подзоне южной тайги. Лишайники для исследования собирали на 6 участках мониторинга со стволов деревьев сосны на высоте 1,3-1,5 м.

Определение элементного состава проводилось в талломах *H. physodes* в Аналитическом испытательном центре ФГБУН «Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН» (АСИЦ ИПТМ РАН, г. Черноголовка, Московская обл.) атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами. Разложение образцов проводилось в автоклаве в реакционных тефлоновых ёмкостях с добавлением концентрированной азотной кислоты и

перекиси водорода. Всего в 6 образцах было определено 52 элемента. В таблице представлены результаты определения тяжелых металлов в талломах *H. physodes*.

Таблица – Содержание тяжёлых металлов в пробах лишайника *Hypogymnia physodes*, отобранных в 2019-2024 гг.

№ п/п	Элемент	Содержание, мг/кг										
		019		009		004		232		244	034	
		2019	2024	2019	2024	2019	2024	2019	2024	2024	2019	2024
1.	Железо	1800	1497	651,9	742	485	535	390	440	466	418	457
2.	Кадмий	0,57	0,36	0,24	0,27	0,47	0,42	0,31	0,26	0,51	0,28	0,23
3.	Марганец	185	130	92	148	224	171	184	150	435	116	60,3
4.	Медь	6,1	5,2	3,3	5,0	3,4	4,1	3,3	3,7	4,4	3,5	3,7
5.	Мышьяк	0,56	0,53	0,83	0,64	0,29	0,45	0,32	0,37	0,37	0,36	0,41
6.	Никель	2,36	1,9	1,48	1,3	1,8	1,4	1,07	1,2	1,7	0,91	1,2
7.	Свинец	4,88	4,5	4,4	3,4	5,0	5,3	3,1	3,2	3,0	2,4	5,4
8	Хром	3,7	3,2	2,4	2,3	1,6	1,6	1,36	1,2	1,5	1,4	1,2
9	Цинк	63,4	56,1	58,9	58,3	58,1	50,1	53,9	55,0	63,3	56,1	51,8
10	Ванадий	2,5	2,3	1,53	1,8	1,06	1,8	0,95	1,1	1,2	1,14	1,4

На участке 019, расположенном в непосредственной близости к железной дороге, наблюдается более высокое содержание в пробах лишайника железа, хрома, ванадия, никеля, менее выраженное – меди и мышьяка. Концентрации этих элементов в талломах постепенно, по мере удаления от железной дороги, снижаются. Пространственная приуроченность к источнику загрязнений тяжелых металлов, накапливающихся в талломах гипогимнии, свидетельствует о длительном периоде поступления элементов от этого источника.

На удалённом от ПТК участке 034 количество всех элементов является наиболее низким.

По накоплению в лишайнике тяжёлые металлы составляют ряд Fe > Mn > Zn > Cu> Pb > Cr> V> Ni > As> Cd.

Данные о содержании тяжелых металлов в талломах лишайника *H. physodes*, могут быть использованы как фоновые при проведении дальнейших мониторинговых исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашихмина, Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объекта уничтожения химического оружия / Т. Я. Ашихмина. – Киров : ВГГУ, 2002. – 544 с.

2. Методы лихеноиндикации в оценке загрязнения атмосферного загрязнения соединениями фосфора / Е. А. Домнина, С. Ю. Огородникова, С. В. Пестов, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 4. – С. 37-44.

3. Сравнительный анализ химического состава и особенностей поверхностных микробных комплексов лишайников и субстратов их произрастания / С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2022. – № 1. – С. 141-152.

4. Елпатьевский, П. В. Геохимические исследования аномальных техногеосистем / П. В. Елпатьевский // География и природные ресурсы. – 1981. – № 4. – С. 148-156.
5. Бязров, Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров. – Москва : Научный мир. – 2002. – 336 с.
6. Meysurova, A. F. Toxic effect of nitrogen and sulfur dioxides on the chemical composition of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.: IR spectroscopic analysis / A. F. Meysurova, S. D. Khizhnyak, P. M. Pakhomov // Contemporary Problems of Ecology. – 2011. – V. 4, No. 2. – P. 186-194.
7. Реакция лишайников на загрязнение среды при добыче бокситовой руды в таёжной зоне / Т. К. Головко, М. А. Шелякин, И. Г. Захожий [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 2. – С. 44-52.
8. Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография / А.З. Анохина, Н.Ф. Баранов, В.Н. Батманов [и др.]. Часть 1. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – 414 с.
9. Сравнительный анализ химического состава и особенностей поверхностных микробных комплексов лишайников и субстратов их произрастания / С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2022. – № 1. – С. 141-152.

УДК 504.53.054+504.54:631.46

АЛЬГО-ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК ЮГО-ВОСТОКА МОСКВЫ

Дорохова М. Ф., Якушев А. В., Шайдурова А. Д.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
dorochova@mail.ru
a_yakushev84@mail.ru
an.shidurova@yandex.ru

Аннотация. В рамках комплексного исследования экологического состояния почв селитебных зон г. Москвы как одного из факторов, влияющих на здоровье детей, изучены физико-химические свойства почв и состав почвенных альго-цианобактериальных сообществ вблизи детских площадок в юго-восточной части города. Выявлена существенная перестройка альго-цианобактериальных сообществ почв детских площадок, отражающая основные направления трансформации почв.

Ключевые слова: городские почвы, водоросли, цианобактерии

Почвы, как известно, являются депонирующей средой для загрязняющих веществ разной природы, поступающих в окружающую среду и, с другой стороны, – источником тонкодисперсных частиц в воздухе, представляющих опасность для здоровья людей (особенно детей). Это обусловливает актуальность

изучения их свойств, особенно в крупных городах с высокой плотностью населения. Наряду с физико-химическими методами исследования все чаще при экологической оценке окружающей среды города применяются методы биологической диагностики почв (в том числе с использованием микрофототрофов), позволяющие получить дополнительные сведения о процессах, протекающих в городских почвах. Почвенные микроскопические фототрофные организмы – водоросли и цианобактерии – являются постоянными обитателями почв и чутко реагируют на трансформацию среды обитания изменением видового состава и структуры альго-цианобактериальных сообществ, что используется в экологических исследованиях.

Цель работы – комплексное изучение экологического состояния почв детских площадок (на примере Юго-Восточного административного округа Москвы). Для ее достижения поставлены следующие задачи: 1) определить уровни суммарного загрязнения тяжелыми металлами и металлоидами (ТТМ) и получить данные об основных физико-химических свойствах почв детских площадок; 2) выявить особенности состава и структуры альго-цианобактериальных сообществ почв детских площадок.

Юго-Восточный административный округ (ЮВАО) г. Москвы находится в краевой части Мещерской заболоченной равнины, в подзоне южной тайги. Зональные дерново-подзолистые, подзолисто-болотные и болотные почвы сохранились лишь в крупных лесопарках. В селитебной зоне они замещены антропогенно-преобразованными почвами. Основными источниками загрязнения окружающей среды в ЮВАО являются авто- и железнодорожный транспорт, несколько ТЭЦ и промышленные предприятия, наиболее крупные из которых – Московский нефтеперерабатывающий завод, асфальтобетонный, шинный, прожекторный заводы, завод по строительству и модернизации вагонов им. Войтовича. Зимой дополнительным источником антропогенного воздействия становятся противогололедные реагенты.

Пробы почв отобраны 9-10 ноября 2024 г. по периметру 20 детских площадок в ЮВАО на газонах, вне проекции крон деревьев и кустарников. Пробы фоновой дерново-подзолистой почвы отобраны в Мещерском национальном парке 1 ноября 2024 г. Везде пробы отбирались на участках с сомкнутым травяным покровом и без него, из слоя 0-10 см.

Водоросли и цианобактерии, а также сопутствующие им нано- и микрофауна и микромицеты, изучены в чашечных культурах на стеклах обрастания [1], диатомовые водоросли – в постоянных препаратах на среде Эльяшева. Культивирование осуществлялось при температуре 16-18°С и влажности проб 60-80% от п.в. в течение 2 месяцев. Экологическая характеристика диатомовых водорослей взята из [2], жизненных форм почвенных микрофототрофов – из [3]. Для оценки степени увлажнения почвы нами предложено использовать отношение видов, требовательных к влажности почвы (Х+Н-жизненные формы), к ксерофильным видам (Р+М-формы).

Щелочно-кислотные свойства почв определены потенциометрическим методом, электропроводность – кондуктометрическим методом, содержание

органического углерода $C_{орг.}$ – методом Тюрина с титриметрическим окончанием, валовой состав - с помощью рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) в Эколого-геохимическом научно-образовательном центре МГУ.

Для городских почв подсчитаны коэффициенты накопления ТММ относительно фоновых почв $K_c = C_{гор}/C_ф$ и показатель суммарного загрязнения $Z_c = \Sigma K_c–(n–1)$, где $C_{гор}$ и $C_ф$ – содержание элемента, мг/кг, в городской и фоновой почвах, соответственно, n – число химических элементов с K_c> 1,0 [4]. Для анализа выбраны 7 ТММ: Zn, As, Pb (I класс опасности), Ni, Cu (II класс), V (III класс), а также Rb.

Дерново-подзолистые почвы фонового участка под травянистой растительностью имеют кислую реакцию ($pH_{водн.}$ = 5,4-6,3), низкое содержание органического углерода ($C_{орг}$ = 1,3%) и водорастворимых солей (0,01%), что характерно для ненарушенных почв автономных позиций в южной тайге.

В почвах детских площадок ЮВАО наблюдается подщелачивание: 50% проб имеют слабощелочную реакцию ($pH_{водн.}$ = 7,6-8,0), 27% проб – щелочную ($pH_{водн.}$ = 8,2-8,5). После продолжительных осенних дождей верхние горизонты этих почв незасолены (содержание водорастворимых солей 0,02-0,03%). От природных дерново-подзолистых почв они отличаются большой пространственной неоднородностью по содержанию органического углерода ($C_{орг}$ = 0,9-8,2%), что связано с использованием существенно различающихся по этому показателю субстратов при благоустройстве дворовых территорий. Приоритетными загрязнителями почв детских площадок в ЮВАО являются Sb, Cd, Pb, Cu, Zn. Суммарное загрязнение почв детских площадок ТММ в целом высокое: для 15% площадок оно соответствует опасному для здоровья населения уровню загрязнения (Zc = 35-40), для 20% - умеренно опасному уровню (Zc = 17-30). На развитие почвенных водорослей и цианобактерий большое влияние оказывают также освещенность и влажность почвы. В большинстве случаев на детских площадках вне проекции крон деревьев и кустарников освещенность поверхности почвы по сравнению с почвами автоморфных позиций под луговой растительностью вне города возрастает вследствие регулярного окашивания газонов и вытаптывания. Вместе с тем, в понижениях микрорельефа весной и осенью образуются временные водоемы (лужи) – «дом» для гидрофильных видов, сохраняющих жизнеспособность в период их обсыхания.

В дерново-подзолистых почвах Мещерской низменности формируются альго-цианобактериальные сообщества, характерные для почв таежной зоны под суходольными лугами, с преобладанием зеленых и стрептофитовых водорослей при довольно большом разнообразии охрофитовых и диатомовых водорослей (табл. 1). В комплексе диатомовых водорослей велика представленность гидрофильных и амфибиальных видов, галофильные и алкалифильные виды не встречены. В составе эдафофильных водорослей число видов, не устойчивых к высыханию почвы, значительно превышает число ксерофильных видов. Состав альго-цианобактериального сообщества отражает условия его формирования – ландшафты с кислыми почвами в окружении мелких водоемов и болот под

сомкнутой травяной растительностью вдали от выраженных источников антропогенного воздействия.

Таблица 1 – Основные характеристики альго-цианобактериальных сообществ дерново-подзолистых почв Мещерской низменности (фон) и почв детских площадок ЮВАО г. Москвы

Почвы / Показатели	Фоновые дерново-подзолистые почвы		Почвы детских площадок	
Систематические группы микрофототрофов				
	Число видов	%	Число видов	%
Cyanobacteria	6	10,5	30	28,8
Chlorophyta+Streptophyta	26	45,6	38	36,7
Ochrophyta	12	21,1	12	11,5
Bacillariophyta	12	21,1	24	23,0
Euglenophyta	1	1,7	0	0,0
Всего	57	100	104	100
Соотношение таксонов				
Cyanobacteria/ Chlorophyta+Streptophyta	0,2		0,8	
Cyanobacteria / Ochrophyta	0,5		2,5	
Соотношение жизненных форм				
X+H / P+M	6,3		1,7	
Соотношение экологических групп диатомовых водорослей, %				
Г+А/ В	50 / 50		37,5 / 62,5	
Доля экологических групп диатомовых водорослей, %				
Олигогалобы-галофилы	0		31,3	
Алкалифилы	0		35,7	
Другие показатели				
Среднее число видов в пробе	28,5		19,5 - 21,0	

В почвах детских площадок состав и структура альго-цианобактериальных сообществ существенно изменяется. Возрастает число видов цианобактерий; разнообразие охрофитовых, чувствительных к разным формам антропогенного воздействия на почву, значительно сокращается (табл. 1). Исчезают виды, не устойчивые к иссушению почвы и сильной инсоляции поверхности, к подщелачиванию и сезонному засолению, к загрязнению почвы ТТМ. В состав сообществ микрофототрофов внедряются синантропные виды, в их числе – разнообразные безгетероцистные цианобактерии-ксерофиты, тяготеющие к незадернованным участкам почвы, галофильные и алкалифильные виды (что показано на примере диатомовых). Подобные изменения альго-цианобактериальных сообществ в разных функциональных зонах городов отмечали многие исследователи [5-10]. Состав альго-цианобактериальных сообществ почв детских площадок в ЮВАО отражает основные направления антропогенной трансформации почв - подщелачивание, сезонное засоление (не всегда регистрируемое инструментальными методами), уменьшение проективного покрытия травянистых растений и увеличение освещенности

поверхности, периодическое сильное иссушение почвы, загрязнение комплексом ТММ. Среднее число видов в пробе по сравнению с фоновыми почвами уменьшается, но остается относительно высоким. Основные характеристики альго-цианобактериальных сообществ свидетельствуют об умеренном уровне комплексного антропогенного воздействия на почвы детских площадок.

Напочвенные разрастания микрофототрофов – зона высокой микробиологической активности, где межорганизменные взаимодействия достигают высокой интенсивности и разнообразия. В почвах детских площадок встречены разнообразные представители нано- и микрофауны (амебы, нематоды, инфузории, жгутиконосцы, коловратки), микроскопические грибы, бактерии и актиномицеты. Некоторые грибы проявляют обильное ветвление или его видоизменение вблизи водорослей – возможно, это фитопатогенные виды или компоненты протолишайников. При низкой влажности среди бактерий-спутников водорослей велика роль актиномицетов. Среди простейших преобладают бактериоядные формы.

Выявлены следующие типы организации напочвенных разрастаний: 1) протяженные структуры - нитчатые тяжи цианобактерий, протонема мхов, грибные тяжи или отдельные гифы, вдоль которых ориентируются водоросли и гетеротрофные микроорганизмы. 2) Микроколониальные структуры, где крупные нитчатые и коккоидные водоросли являются центрами агрегации. 3) Небольшие группы клеток, вплоть до одиночных, часто альгологически чистые. 4) Биопленки - уплощенные крупные колонии, как правило альгологически смешанные и с большим количеством внеклеточного полисахаридного матрикса. 5) Округлые образования, сокращающие своей формой зону контакта колонии с окружающим пространством.

Изучение альго-цианобактериальных сообществ и связанных с ними гетеротрофных организмов дополняет сведения о состоянии городских почв, полученные методами химического анализа.

Геохимические и альгологические исследования выполнены в рамках темы государственного задания «Антропогенная геохимическая трансформация компонентов ландшафтов». Микробиологические и зоологические исследования выполнены в рамках темы государственного задания №121040800174-6 «Почвенные микробиомы: геномное разнообразие, функциональная активность, география и биотехнологический потенциал».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голлербах, М. М. Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Ленинград : Наука, 1969. – 228 с.
2. Баринова, С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Баринова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель–Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
3. Алексахина, Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – Москва : Наука, 1984. – 149 с.

4. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янин [и др.]. – Москва : Недра, 1990. – 335 с.
5. Кондакова, Л. В. Специфика альго-микологических комплексов городских почв / Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. – Сыктывкар : Институт биологии Коми НЦ Уро Ран, 2011. – С. 267-287.
6. Суханова, Н. В. Цианобактериально-водорослевые ценозы почв урбанизированных территорий Южно-Уральского региона : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Суханова Наталья Викторовна. – Уфа, 2016. – 326 с.
7. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
8. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – Часть 1. – С. 22-39.
9. Специфика "цветения" почвы в техногенных зонах города (на примере г. Кирова) / В. А. Ефремова, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2012. – № 2. – С. 85-89.
10 Совершенствование тетразольно-топографического метода биотестирования с использованием цианобактерий / А. И. Фокина, Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 1. – С. 31-41.

УДК 582.26

МАТЕРИАЛЫ К БИОРАЗНООБРАЗИЮ ПОЧВЕННОЙ АЛЬГОФЛОРЫ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Егорова И. Н.
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
egorova@sifibr.irk.ru

Аннотация. Приводятся сведения о водорослях почв лесных и степных сообществ, функционирующих в окрестностях поселения Баяндай (Иркутская область). Территория относится к Предбайкальскому предгорному прогибу, слабо исследована в почвенно-альгологическом отношении. Изучали водоросли лесных и степных сообществ, подверженных антропогенному воздействию. Выявлено 82 вида из четырех отделов: Cyanobacteria – 28 видов (34% от общего числа водорослей), Heterokonthophyta – 11 (13%), Chlorophyta – 38 (47%), Streptophyta – 5 (6% от общего числа). Отмечены особенности состава водорослей почв лесов и степей в районе работ.

Ключевые слова: почвенные водоросли, лесные и степные растительные сообщества, Предбайкалье

Проведены исследования почвенных водорослей основных типов (лесных и степных) растительных сообществ в окрестностях поселения Баяндай Иркутской области. Территория исследования принадлежит к Предбайкальскому предгорному прогибу, представляющему собой краевое опускание Сибирской платформы. Рельеф здесь сильно пересеченный, грядовый, холмисто-увалистый, с плоскими междуречьями и пологими склонами. Среднегодовые температуры отрицательные, количество осадков 300-500 мм в год, сумма активных температур – 1500-1550°С [1, 2]. Преобладающий тип растительности – степной [3]. В районе работ распространены дерново-карбонатные почвы. Коренные породы – терригенно-угленосные юрские отложения. Подавляющее большинство отложений богаты известью от наличия известняков и мергелистых образований [4, 5].

Были изучены водоросли в почвах 13 растительных сообществ, подверженных в разной степени антропогенному воздействию, поскольку территория исследований находится вблизи крупного населенного пункта и автомагистрали, соединяющей промышленные центры на севере и юге Иркутской области. Исследовали сообщества, функционирующие на разных участках увала, от его подножия до плоской вершины. Всего изысканиями охвачены 6 степных фитоценозов, 5 лесных и 2 переходных сообщества от степи к лесу, где представлен подрост древесных растений.

Выявлено, что кислотность почвенного раствора верхних горизонтов почв варьировала в диапазоне от среднекислых до слабощелочных значений. Почвы исследованных лесных сообществ не были более кислыми, что степных. Однако почвы под лесом характеризовались значительно более высокой полевой влажностью (в среднем около 50 %), чем таковые под степной растительностью (среднее значение составило около 17 %).

Всего в исследованных почвах выявлено 82 вида водорослей из четырех отделов: Cyanobacteria – 28 видов (34% от общего числа водорослей), Heterokonthophyta – 11 (13%), Chlorophyta – 38 (47%), Charophyta – 5 (6% от общего числа). Heterokonthophyta представлены диатомовыми (6 видов) и желтозелеными (5 видов) водорослями. Как видно из данных, преобладают цианобактерии и зеленые водоросли Chlorophyta. В целом, обнаружены представители 61 рода. Характерно наличие морфовидов *Leptolyngbya*, *Microcoleus*, *Nostoc*, *Timaviella* (Cyanobacteria), *Hantzschia*, *Pinnularia*, *Botrydiopsis*, *Vischeria*, *Xanthonema* (Heterokonthophyta), *Bracteacoccus*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Chlorosarcinopsis*, *Stichococcus* (Chlorophyta), *Klebsormidium* (Streptophyta).

В почвах лесов обнаружено 38 видов водорослей. Их распределение по отделам следующее: Cyanobacteria – 15 видов (39,5% от общего числа водорослей), Heterokonthophyta – 7 (18,4%), Chlorophyta – 15 (39,5%), Charophyta – 1 (2,6% от общего числа). Интересна представленность цианобактерий, наряду с зелеными водорослями. Поверхностных разрастаний цианобактерий в природных условиях в исследованных лесных сообществах не обнаружено. Тем не менее, почвенно-растительные условия здесь не подавляют полностью их развитие.

В степях зарегистрировано 75 видов почвенных водорослей. Большее число выявленных видов в степных сообществах отчасти связано с более длительным периодом исследований. Сообщества с подростом древостоя рассмотрены здесь же, поскольку по составу водорослей они не обособлены от окружающих их степей. Вклад по отделам: Cyanobacteria – 24 вида (32% от общего числа водорослей), Heterokonthophyta – 11 (14,7%), Chlorophyta – 36 (48%), Charophyta – 4 (5,3% от общего числа). По разнообразию видов отличается отдел Chlorophyta. Массово на поверхности почв в степях разрастаются цианобактерии. Наряду с лишайниками и мхами, цианобактерии являются средообразующими фототрофами в биологических почвенных корочках [6-8]. Исследования водорослей в степях были проведены в разные периоды вегетации с меняющейся климатической обстановкой. Резкого изменения состава водорослей не наблюдалось. Однако их обилие было более высоким в периоды со значительными осадками. Таких представителей с зелеными хлоропластами, как *Scotinosphaera* (Chlorophyta) и *Cylindrocystis* (Charophyta) регистрировали в сборах во влажные периоды.

Полученные данные дополняют немногочисленные сведения о почвенных водорослях предгорных территорий Предбайкалья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Картушин, В. М. Агроклиматические ресурсы юга Восточной Сибири : Пояснительный текст к серии агроклиматических карт. – Иркутск : Вост-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 99 с.
2. Байкал. Атлас. – Москва : Роскартография, 1993. – 160 с.
3. Экологический атлас Байкальского региона. – Иркутск : Институт географии им. В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2017. – 378 с.
4. Николаев, И. В. Почвы Иркутской области / И. В. Николаев. – Иркутск : ОГИЗ, 1948. – 403 с.
5. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров, 2020. – Ч. 1. – С. 22-39.
6. Permanent Growth on a Stony Substrate / T. Ya. Ashikhmina, L. I. Domracheva, A. I. Korotkikh [et al.] // Biology Bulletin. – 2025. – Vol. 52, No. 5. – P. 1-6.
7. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
8. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 55.

УДК 579.64

РИЗОСФЕРНАЯ КОЛОНИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ARACEAE ЦИАНОБАКТЕРИЯМИ

Ермакова П. Ю., Батаева А. Д., Батаева Ю. В.
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К. А. Тимирязева,
aveatab@mail.ru

Аннотация. Микробные сообщества поверхностной части корней у ароидных практически не изучены. Изучение симбиоза цианобактерий с корнями эпифитов и гемиэпифитов, оказавшихся в непривычной для них водной среде, может раскрыть новые механизмы адаптации растений к стрессовым условиям.

Ключевые слова: цианобактерии, микроводоросли, симбиоз, ароидные

Цианобактерии – морфологически разнообразная группа прокариот, включающая одноклеточные, трихомные и колониальные формы. По характеру клеточной организации они соответствуют грамотрицательным бактериям и представляют самостоятельную ветвь их эволюции. При этом цианобактерии имеют сходство с водорослями и высшими растениями, так как осуществляют фотосинтез с выделением кислорода и содержат хлорофилл а, а также ряд других общих с растениями пигментов [1]. Цианобактерии участвуют в почвообразовательном процессе и часто составляют основной фототрофный компонент сообщества микроорганизмов [2]. Одновременно с фотосинтезом цианобактерии фиксируют атмосферный азот, накапливая его в почве в количестве до 25-150 кг/га в год, и тем самым вносят существенный вклад в обогащение почвы азотом, подготавливая ее для заселения другими организмами.

В процессе жизнедеятельности цианобактерии продуцируют комплекс биологически активных метаболитов различного состава, включая белки, углеводы, липиды, органические кислоты, стерины, изопреноиды, гормоны, фенольные соединения, витамины и др. Метаболиты цианобактерий обладают антибактериальными, антиоксидантными, противогрибковыми, фитостимулирующими, аллелопатическими свойствами [3-5]. Поступая в корни растений, они интенсифицируют их рост, увеличивают урожайность сельхозкультур, сокращают сроки созревания, повышают питательную ценность, повышают устойчивость к неблагоприятным факторам, защищают от болезней и выполняют многие другие функции [6]. Цианобактерии известны фитостимулирующей активностью в отношении злаковых, бобовых, овощных и масличных культур.

Семейство Ароидные (Araceae) – одно из самых разнообразных среди однодольных растений. Оно включает 150 родов и более 4000 видов. Ароидные встречаются в тропических и субтропических регионах, реже – в умеренном климате. Семейство представлено многолетними травами с разнообразной морфологией. Эпифитные и гемиэпифитные представители Araceae образуют

важные компоненты нижних ярусов неотропических дождевых лесов. Они прорастают в кронах деревьев и позже устанавливают корневые связи с почвой через воздушные корни. Растения семейства Ароидные, такие как филодендроны, монстеры, антуриумы, популярны в декоративном садоводстве, благодаря неприхотливости и эффектному виду. Некоторые виды являются важными пищевыми культурами, хотя требуют обработки из-за токсичных оксалатов. Отдельные представители применяются в медицине (аир болотный) и для очистки воды (пистия, ряска).

Микробные сообщества ризопланы, поверхностной части корней, у ароидных практически не изучены. В базе данных NCBI существует несколько публикаций об исследовании ассоциированного микробиома ряски *Spirodela polyrhiza* и *Lemna trisulca*, поскольку она нашла широкое применение в биоремедиации цветущих водоемов. Считается, что данные виды способны к биодеградации цианотоксинов, в том числе благодаря ассоциированным с ними микроорганизмам: бактериям, зеленым (*Chlorella* sp., *Kirchneriella* sp.) и диатомовым водорослям (*Navicula* sp.) [7, 8]. Исследования показали, что в изолятах ризопланы *Spirodela polyrhiza* обнаружены бактерии следующих классов: *Alphaproteobacteria* (14% от общего числа клонов), *Betaproteobacteria* (45%), *Gammaproteobacteria* (2%) и *Deltaproteobacteria* (2%); и типов: *Bacteroidetes* (11%), *Verrucomicrobia* (2%), *Planctomycetes* (2%) и *Cyanobacteria* (22%). Как видно, на долю цианобактерий приходится весомая часть микробиологического разнообразия.

Черенки филодендрона (*Philodendron burle-marxii*) и сингониума (*Syngonium podophyllum*) выращивали в лабораторных условиях в присутствии органоминеральных удобрений при естественном освещении. Периодичность внесения удобрений составляла 1 раз в месяц в течение вегетационного периода. Через два месяца инкубирования обнаружили образование густого зеленого налета на корнях растений и цветение воды. Микроскопирование показало присутствие трихомных и колониальных цианобактерий, зеленых и диатомовых водорослей. Сформированный ризосферный симбиоз сохраняется в течение двух лет, хотя филодендрон является гемиэпифитом, а сингониум – эпифитом. Оба растения нормально функционируют, развиваясь в водной среде. Из изменений замечены вытягивание стеблей и активная гуттация.

Хотя данные растения являются обитателями тропических лесов и привычны к высокой влажности, известно, что переувлажнение субстрата может вызвать нарушение корневого дыхания. С этой целью, при промышленном культивировании растений в котором заменяют твердый субстрат на жидкий (гидропоника), обязателен подвод воздуха к водной фазе. Можно предположить, что в описанном случае функцию источника кислорода выполняет зеленая биопленка на корнях. Получая углекислый газ от корней и имея доступ к солнечному свету, микроводоросли фотосинтезируют, обогащая воду кислородом, который затем используется как ими самими, так и корнями в процессе дыхания. Интересно и то, что часто цианобактерии, находясь в симбиозе с высшими растениями, меняют метаболизм с фотоавтотрофного на

гетеротрофный, поскольку растение обеспечивает цианобионта растворимыми сахарами. Однако среди эукариотических микроводорослей такой переход встречается гораздо реже, поэтому они предпочитают среду обитания с достаточной освещенностью.

Таким образом, особый интерес представляет ризосферный симбиоз цианобактерий и микроводорослей на корнях представителей семейства Ароидные - тропических эпифитов и гемиэпифитов. Исследование этого взаимодействия может раскрыть новые механизмы адаптации растений к стрессовым условиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пиневич, А. В. На краю радуги: длинноволновые хлорофиллы и фотосинтетическая адаптация цианобактерий к дальнему красному свету / А. В. Пиневич, С. Г. Аверина. – doi: 10.31857/S0026365622600444 // Микробиология. 2022. – Т. 91, № 6. – С. 666-684.
2. Батаева, Ю. В. Состав комплекса фототрофов в различных типах почв Астраханской области / Ю. В. Батаева, И. С. Дзержинская, Л. В. Яковлева. – doi: 10.7868/S0032180X17080020 // Почвоведение. 2017. – № 8. – С. 973-982.
3. Характеристика биологической активности и оценка экзогенных метаболитов цианобактерии *Anabaena* sp. IPPAS B-2020 / Ю. В. Батаева, М. А. Синетова, Е. А. Курашов [и др.]. – doi: 10.31857/S0026365624050026 // Микробиология. – 2024. – Т. 93, № 5. – С. 519-533.
4. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
5. Использование почвенных цианобактерий при выращивании бобовых культур / Л. И. Домрачева, Д. В. Казакова, Л. В. Трефилова [и др.] // Современные аспекты сельскохозяйственной микробиологии, Москва, 07-08 декабря 2016 года. – Москва : ООО «Литера Принт», 2016. – С. 42.
6. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров, 2020. – Ч. 1. – С. 22-39.
7. Toporowska, M. Degradation of three microcystin variants in the presence of the macrophyte *Spirodela polyrhiza* and the associated microbial communities / M. Toporowska // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 10. – P. 6086.
8. Kucała, M., Saładyga M., Kaminski A. Phytoremediation of CYN, MC-LR and ANTX-a from Water by the Submerged Macrophyte *Lemna trisulca* / M. Kucała, M. Saładyga, A. Kaminski // Cells. – 2021. – Vol. 10, № 3. – P. 699.

УДК 582.26/27

КСЕНИЯ ПЕТРОВНА ГЕМП – ОСНОВОПОЛОЖНИК АЛЬГОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГАРА В СТРАНЕ

Захарова О. А.
Рязанский государственный медицинский университет,
79105614684@yandex.ru

Аннотация. В статье изложена деятельность первой женщины-альголога в нашей стране. Ксения Петровна Гемп не только изучала водоросли Белого моря, но и основала производство агара из водорослей на Архангельском заводе. Ксения Петровна прожила длинную активную жизнь. В годы Великой Отечественной войны была командирована в блокадный Ленинград и готовила из водорослей супы, каши и др. В 75 лет она опускалась в батискафе с целью изучения водорослей Белого моря и работала по 16 час. в сутки. По служебной командировке была в Китае и обучала китайских товарищей переработке водорослей. Жизнь Ксении Петровны Гемп – пример патриота своего дела и своей страны.

Ключевые слова: водоросли, альгология, краеведение, Белое море, агар

Результаты исследований альгологов для микробиологии имеют важное значение, ведь они позволяют глубже понять роль водорослей в биологических процессах, их практическом использовании, в том числе в микробиологии [1-5]. Одним из важных применений этих растений является производство из красных водорослей агар-агара – вещества для получения питательной среды для бактерий. Знакомство с этими растениями началось в древнем мире Теофрастом, Диоскоридом, Плинием Старшим и т.д. С годами накапливались знания и совершенствовались технологии изучения водорослей. Формирование альгологии – науки о водорослях, началось позже, когда Карл Линней в труде «Система растений» выделил в 24-ом классе Cryptogam водоросли как порядок Algae. Одним из ведущих альгологов нашей сраны следует назвать имя Ксении Петровны Гемп, которая стала пионером среди женщин-исследователей.

Цель работы – ознакомиться с деятельностью первой женщины-альголога в СССР Ксении Петровны Гемп. Методы исследований – логика, сравнение, анализ, обобщение К. Гемп (рис. 1) положила начало целой новой индустрии по переработке водорослей.

Рисунок 1 – Ксения Гемп

Ксения Петровна родилась в 1894 году в Санкт-Петербурге, окончила Высшие женские курсы, выучила три языка, вышла замуж за филолога и планировала посвятить себя изучению традиций Архангельской области [6]. В Архангельске вместе с мужем вначале преподавали отечественную историю в школах, а с 1925 года перешла работать младшим научным сотрудником в Институт промышленных изысканий, который в середине 1930-х гг. стал агаровым заводом. «Быть личностью – это, прежде всего, представить весь окружающий тебя мир, учесть свои силы и способности и использовать их так, чтобы принести как можно больше пользы», – говорила она.

В 1943 году институт был переименован в Центральную водорослевую научно-исследовательскую лабораторию. Ксению Петровну назначили ее руководителем. Это был первое водорослевое предприятие в стране. За время руководства было совершено 30 экспедиций, написано более 70 научных работ и составлен уникальный атлас беломорских водорослей, которыми сейчас пользуются альгологи во всем мире.

До революции 1917 года большинство российских альгологов занимались растениями южных морей – Черного и Каспийского, а данных об Арктике было незначительно [7]. Растущие в Белом море водоросли заслуживали пристального внимания, ведь в арктических условиях они накапливают намного больше полезных веществ, чем южные: в них обнаружены 70 витаминов и микроэлементов. Чтобы сохранить их и не нарушить хрупкую экосистему Белого моря, собирать их надо точно так же, как это делали поморы: выходить на карбасах в море в короткие летние месяцы, осторожно скашивать водоросли специальными косами, а затем сушить на солнце.

Вместе с работниками института она десятки раз пускалась в плавание по Белому морю, чтобы найти новые заросли водорослей и взять их образцы.

В одной из таких экспедиций к Соловкам Гемп познакомилась с отцом Павлом Флоренским, с которым впоследствии разработали несколько способов получения йода из водорослей на экспериментальном йодном заводе. Возле Соловков, Гемп посадила первую в России большую искусственную плантацию водорослей-агарофитов и получила высококачественный агар. Так, с 1936 года его производство агара было запущено на Архангельском водорослевом комбинате, который с прошлого века поставляет агар не только для пищевой и фармпромышленности, для окраски тканей ивановским фабрикам, но и для микробиологических лабораторий.

Ксения Гемп во время Великой Отечественной войны в 1943 году «по огненному льду Ладоги» была направлена в блокадный Ленинград на помощь голодающим, потому что за Нарвской заставой сохранились большие запасы

водорослей ламинарии и анфельции, которые можно было использовать в пищу, если правильно их переработать. Ксения Петровна, не боясь артобстрелов, ежедневно контролировала в цехе мясокомбината приготовление из водорослей супов, каш, лепешек, киселя, что спасло сотни ленинградцев от голода, а К.П. Гемп была удостоена медали «За оборону Ленинграда». Гемп и ее коллеги обнаружили на сырых листах ламинарии плесень с элементами пенициллина и научились выращивать ее искусственно. В военные годы это открытие спасло жизни тысячам солдат в архангельском госпитале.

В 1959 году по поручению властей ее направили в Китай для передачи своих знаний и технологий сотрудникам китайской альгинатной промышленности. С 60-х годов XX века переработка водорослей стала массовой, а сейчас Китай безусловный мировой лидер в этой нише.

Научные статьи и атлас беломорских водорослей Ксении Гемп хранятся в музее и архиве комбината, а сотрудники работают с ними с целью согласования новых приемов в технологии использования водорослей.

В 75 лет она стала первой женщиной в нашей стране, погрузившейся в батискафе на глубину 90 м в Белом море у Соловецких островов. Причем трудилась по 16 часов в сутки в открытом море наравне с молодыми аквалангистами.

На Архангельском водорослевом комбинате - крупнейшем в России предприятии глубокой переработки водорослей, растения сушат под открытым небом, а затем перерабатывают для производства агара и других продуктов (рис. 2). К сожалению, сейчас комбинат перешел на производство из водорослей косметической продукции, а для других нужд вырабатывают агар небольшим объемом путем экстрагирования из красных и бурых водорослей, произрастающих в Белом море (рис. 2, 3).

Рисунок 2 – Ручная добыча и сушка водорослей на Архангельском водорослевом комбинате

Рисунок 3 – Агар-агар из водорослей Белого моря

Каждое утро Ксения Гемп съедала по ложке измельченных водорослей – считала, что они продлевают жизнь. А прожила она 103 года.

Знакомство с основоположниками альгологии в нашей стране позволяет не только узнать новые способы и технологии использования водорослей, например, как источника агара в микробиологии, но и пробудить историческую память о тех людях-патриотах, которые были в авангарде науки и отдали свои знания и умения на благо нашей Родины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография / А. З. Анохина, Н. Ф. Баранов, В. Н. Батманов [и др.]. Часть 1. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – 414 с.
2. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
3. Цианобактерии как объекты биотехнологии / Ю. Н. Зыкова, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего : материалы Международной научной конференции, Уфа, 13-17 июня 2018 года. – Уфа : Электронное издание. Постоянный адрес размещения http://plamic.ru/sbornik/, 2018. – С. 153.
4. Домрачева, Л. И. Особенности альгобактериального комплекса при "цветении" почвы / Л. И. Домрачева, П. А. Кожевин, О. Н. Лебедева // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 1986. – № 3. – С. 15.
5. Домрачева, Л. И. Структура группировок водорослей при "цветении" почвы / Л. И. Домрачева, Э. А. Штина // Ботанический журнал. – 1985. – Т. 70, № 2. – С. 180-187.
6. Иншакова, Н. Королева водорослей / Н. Иншакова, А. Карабаш. – URL: https://www.vedomosti.ru/kp/humans/article/2023/02/15/963105 (дата обращения 17.03.2025).
7. Капков, В. И. Прикладная экология бурых водорослей. Промысловые фукусы : учебное пособие / В. И. Капков, Е. В. Шошина. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 180 с.

УДК 581.526.43

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *ARISTOLOCHIA MANCHURIENSIS* ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Ковина А. Л.
Вятский государственный агротехнологический университет,
nm-flora@rambler.ru

Аннотация. В статье приведены результаты наблюдений за кирказоном маньчжурским в условиях Кировской области. Было установлено, что в условиях Кировской области *Aristolochia manshuriensis* сохраняет декоративные свойства в течение всего сезона. Отмечено, что за более чем 30 лет наблюдений, не было полного отмирания надземной части древесной лианы. Повреждаются частично в течение зимы только молодые побеги и в некоторые годы, из-за возвратных заморозков, повреждаются молодые листья.

Ключевые слова: кирказон, древесная лиана, вьющееся растение, аристолохия, интродукция

Кирказон маньчжурский *(Aristolochia manshuriensis* Kom.) относится к семейству Кирказоновые *(*Aristolochiaceae Juss.). Реликтовая древесная лиана, эндемик Маньчжурского флористического района с ограниченным ареалом, занесённая в Красную книгу РФ как находящаяся под угрозой исчезновения. Это одна из самых крупных деревянистых листопадных лиан высотой до 15 м. Она поднимается вверх по кронам деревьев, обвивая опоры против движения часовой стрелки. Распространена в южной части Приморского края, в Китае и Корее. Имеет крупные (длиной до 30 см) листья округло-сердцевидной формы. Осенью листья становятся желтыми, затем буреют. Цветки по одному или два на коротких цветоножках свешиваются из пазухи листа. Цветок состоит из длинной изогнутой у основания трубки и широкого трехлопастного зеленовато-желтого отгиба. Плод – крупная шестигранная цилиндрическая коробочка до 10 см длиной, напоминающая огурец, вначале зеленая, по созревании буреющая и вдоль растрескивающаяся. Семена сердцевидно-треугольные, серые или буроватые, плоские, 6-7 мм в поперечнике [1-5].

В течение длительного времени, более 30 лет, изучали возможность использования кирказона для вертикального озеленения в условиях Кировской области. Небольшой экземпляр был получен от коллекционера в 1990 году. Для посадки было выбрано полутенистое место и лёгкая супесчаная почва. Первое время, до полного приживления растения, поливали регулярно. Затем поливали только по мере необходимости, в жаркую сухую погоду. В остальное время растение довольствовалось атмосферными осадками. Подкармливали в начале вегетации комплексным минеральным удобрением. В процессе наблюдения за кирказоном было отмечено, что почти ежегодно большая часть молодых побегов подмерзает, в неблагоприятные зимы погибает часть многолетних побегов. Если вегетация начинается рано, появляющиеся молодые листья попадают под

возвратные весенние заморозки и погибают. Через некоторое время начинается рост новых листьев. Основание корневой шейки и одревесневший стебель сохраняются всегда. За лето отрастают новые побеги, достигающие длины 3 м и более (рис. 1).

Рисунок 1 – Кирказон маньчжурский

В мае среди крупных сердцевидных листьев появляются цветки. Цветение необильное и зависит от успешной зимовки (рис. 2).

Рисунок 2 – Кирказон маньчжурский в период цветения (май)

К сожалению, в условиях Кировской области семян не даёт. Возможно, по причине отсутствия соответствующих опылителей во время цветения. Плодов не образуется, поэтому в 2022 году в частном питомнике были приобретены семена. Семена обработали стимуляторами, которые были проверены на разных сельскохозяйственных [6, 7] и декоративных культурах [8] и дали положительный результат [9, 10, 11]. В октябре этого же года семена посеяли для естественной стратификации. В течение мая 2023 года появились первые всходы. Сеянцы растут медленно. После пикировки будут оставлены для дальнейшего наблюдения (рис.3).

Рисунок 3 – Сеянцы кирказона маньчжурского (июнь)

Таким образом, опытным путем установлено, что кирказон маньчжурский может произрастать в условиях Кировской области. Несмотря на подмерзающие молодые побеги, растение сохраняет декоративность в течение всего сезона. Хорошо ветвится, даёт ежегодные сильные приросты, практически не поражается вредителями и болезнями. Вегетативное размножение затруднено. При размножении его семенным путем возможен как осенний посев без предварительной подготовки, так и весенний после двух- или трехмесячной стратификации при температуре 5–7º С. Дальнейшие наблюдения покажут возможность цветения и плодоношения растений данного вида.

Растение ценное и очень редкое. Вид является очень декоративным и перспективным для дальнейшего изучения. Используется как декоративное растение для вертикального озеленения в ландшафтной архитектуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Особенности опыления кирказона маньчжурского / О. В. Наконечная, В. С. Сидоренко, О. Г. Корень [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2008. – № 5. – С. 535-542.
2. Седаева, М. И. Кирказон маньчжурский в дендрарии Института леса имени В. Н. Сукачева СО РАН / М. И. Седаева // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2017. – Т. 20. – С. 169-171.
3. Демиденко, Е. Н. Опыт выращивания кирказона маньчжурского (*Aristolochia manshuriensis* Kom.) с применением стимулятора роста в условиях юга Приморского края / Е. Н. Демиденко, Г. В. Гуков // Аграрный вестник Приморья. – 2016. – № 2(2). – С. 31-34.
4. Наконечная, О. В. Биология размножения и генетическая изменчивость кирказона маньчжурского (*Aristolochia manshuriensis* Kom.) в Приморском крае:

специальность 03.00.05, 03.00.15 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Наконечная Ольга Валериевна. – Владивосток, 2007. – 143 с.
5. Нестерова, С. В. Цветение и плодоношение представителей рода *Aristolochia* L. в условиях культуры / С. В. Нестерова, О. В. Наконечная // Биологическое разнообразие. Интродукция растений : материалы Шестой Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 20-25 июня 2016 года. – Санкт-Петербург : Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2016. – С. 356-359.
6. Домрачева, Л. И. Использование цианобактерий как экологически безопасного метода борьбы с фузариозами / Л. И. Домрачева, А. Н. Третьякова, Л. В. Трефилова // Экология. – 2002. – № 2. – С. 46-48.
7. Зыкова, Ю. Н. Эффективность инокуляции семян овощных растений цианобактериальным композитом / Ю. Н. Зыкова, К. А. Леонова, Л. В. Трефилова // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сборник материалов VI международной научно-практической конференции, Краснообск, 12–14 апреля 2017 года. – Краснообск : Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 165-170.
8. Рачеева, Н. Э. Влияние способов обработки саженцев ели обыкновенной (*Picea abies*) на их приживаемость в урбаноземах / Н. Э. Рачеева, Л. В. Трефилова // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2019 года. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2019. – Том 2. – С. 153-157.
9. Трефилова, Л. В. Эффективность применения многокомпонентных биопрепаратов в растениеводстве / Л. В. Трефилова // Актуальные направления развития АПК : Сборник материалов конференции, Екатеринбург, 28–30 ноября 2019 года. – Екатеринбург : Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 303-307.
10. Коротких, А. И. Рострегулирующая активность бактерии *Bacillus mycoides*, сохранившейся на корнях гербарного образца птицемлечника / А. И. Коротких, Е. Л. Трухина Л. И. Домрачева // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 15 ноября 2023 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2023. – С. 242-246.
11. Коротких, А. И. Старинные гербарии как потенциальный источник микобиоты / А. И. Коротких, Л. И. Домрачева // Успехи медицинской микологии. – 2023. – Т. 25. – С. 59-63.

УДК 579.64

ОСОБЕННОСТИ ЭПИФИТНОЙ МИКРОБИОТЫ НЕКОТОРЫХ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ

Коротких А. И.[1], Домрачева Л. И.[1,2], Фокина А. И.[3]
[1]*Вятский государственный агротехнологический университет,*
nm-flora@yandex.ru
[2]*Институт биологии Коми НЦ УРО РАН*
[3]*Вятский государственный университет*

Аннотация. В статье приводятся результаты определения численности двух групп эпифитных микроорганизмов (аммонификаторов и микромицетов) на листьях хвойных растений трех видов – пихты сибирской (*Abies sibirica*) семейства Pinaceae, можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis*) и можжевельника казацкого (*Juniperus sabina*) семейства Cupressaceae. Доминирующей группой микроорганизмов во всех трех вариантах являются аммонифицирующие бактерии (до 92 %). Максимальная численность эпифитных микроорганизмов наблюдается у пихты сибирской ($22{,}0 \cdot 10^3$ КОЕ/г). Наименьшее количественное значение выявлено у можжевельника казацкого, что связано с активностью фитонцидов и иных биологически активных веществ.

Ключевые слова: эпифитная микробиота, хвойные растения, бактерии-аммонификаторы, микромицеты, фитонциды

Эпифитные микробные сообщества хвойных растений обладают широким спектром воздействия на жизнедеятельность растения-хозяина. Их функции включают ассимиляцию молекулярного азота, трансформацию минеральных элементов и продукцию биологически активных веществ, защиту от некоторых внешних факторов. Помимо этого, состав и активность поверхностных микроорганизмов служат ценным биоиндикатором состояния филлосферы и общего фитосанитарного статуса растения [1, 2].

Несмотря на ограниченность данных об эпифитных микроорганизмах хвойных пород, существующие исследования свидетельствуют о ключевой роли фитонцидов и иных биологически активных веществ (БАВ) – специфических выделений хвойных – в формировании численности и структуры их микробных сообществ. Благодаря высокой фитонцидной активности хвойные растения во многом способны противостоять болезнетворным грибам и бактериям [3-5].

На кафедре агробиотехнологии, ландшафтной архитектуры и пищевых производств Вятского ГАТУ был проведен ряд исследований, посвященных изучению и расширению данных об эпифитной микробиоте хвойных растений различных семейств. В продолжении работы, были изучены особенности эпифитной микробиоты можжевельников обыкновенного (*Juniperus communis*) и казацкого (*Juniperus sabina*), а также пихты сибирской (*Abies sibirica*) в качестве контроля [6, 7].

Одним из важных отличий можжевельника обыкновенного от можжевельника казацкого является их принадлежность к разным местам обитания: можжевельник казацкий имея широкий ареал обитания (центральная и южная часть Европы, Юго-Восточная Азия, Турция, Россия (Урал, Сибирь, Приморье), является растением-интродуцентом для Кировской области. Привычными местами произрастания для можжевельника казацкого являются леса и рощи в степной зоне, на скалистых горных склонах и песчаных дюнах. Несмотря на это, оба вида можжевельника нашли место на одном из садовых участков в окрестностях города Кирова.

Согласно литературным данным, в можжевельнике содержатся терпеновые соединения, дубильные вещества, кетоны, сахара, органические кислоты и флавоноиды. В составе эфирного масла можжевельника преобладают терпены, в частности α-пинен, β-пинен, оцимены и α-лимонены. Их концентрация не является постоянной и изменяется под влиянием вида растения и условий его произрастания. Благодаря богатому химическому составу можжевельник широко используется как ресурс в пищевой, косметической и медицинской промышленности [8, 9].

Цель работы – определить численность и групповой состав трех видов хвойных растений можжевельника обыкновенного, можжевельника казацкого и пихты сибирской с дополнительным определением некоторых биохимических показателей.

Образцы хвои трех видов растений можжевельника обыкновенного, можжевельника казацкого и пихты сибирской были отобраны в январе 2025 года. В стерильные пакеты отбирали среднюю пробу хвои для дальнейшего микробиологического и биохимического анализа.

Количественный учет микроорганизмов проводили методом предельных разведений с последующим глубинным посевом на селективные питательные среды: ГРМ-агар для аммонификаторов и Чапека для микромицетов. Посев на каждую питательную среду проведён в трёхкратной повторности.

Для определения концентрации хлорофилла *a*, хлорофилла *b* [10] и полифенолов (в пересчете на галловую кислоту) [11] был использован метод спектрофотометрии.

Суммарное содержание антиоксидантов определяли методом инверсионной вольтамперометрии с использованием пероксида водорода в качестве окислителя и галловой кислоты в качестве стандарта.

Учет численности эпифитных микроорганизмов на листьях хвойных пород показал существенное различие как между видами растений разных семейств (пихты сибирской и можжевельниками), так и в пределах одного семейства (можжевельник обыкновенный и можжевельник казацкий). Количественное обилие аммонифицирующих микроорганизмов наблюдается в варианте с пихтой сибирской ($16{,}2 \cdot 10^3$ КОЕ/г), тогда как численность аммонификаторов у двух видов можжевельников оказалась меньше в 2 раза (табл. 1). Аналогичная тенденция к снижению численности по отношению к контрольному варианту наблюдается и среди микромицетов: максимальная численность отмечена у пихты

сибирской ($5,8 \cdot 10^3$ КОЕ/г), а минимальная –у можжевельника казацкого ($0,6 \cdot 10^3$ КОЕ/г).

Предположительно, причиной количественного разброса общего числа эпифитных микроорганизмов во всех трех вариантах стал зимний период отбора проб, а также высокая фитонцидная активность двух видов можжевельников по сравнению с пихтой сибирской.

Таблица 1 – Численность эпифитной микробиоты на листьях некоторых хвойных растений (КОЕ/г·10^3)

Вариант	Аммонификаторы	Микромицеты	Общее кол-во
Пихта сибирская (К)	16,2±1,2	5,8±2,3	22,0±3,5
Можжевельник обыкновенный	8,7±1,1	4,5±1,3	13,2±2,4
Можжевельник казацкий	6,8±1,6	0,6±0,3	7,4±1,9

Изучение структуры эпифитных микробных группировок во всех трех вариантах с хвойными породами выявило преобладание бактериальной микробиоты над грибной. Условия зимнего периода оказались наиболее благоприятными для развития аммонифицирующих микроорганизмов, находящихся на листьях трех изучаемых хвойных растений, доля которых в структуре микробных популяций варьирует от 66% (можжевельник обыкновенный) до 92% (можжевельник казацкий) (рис.)

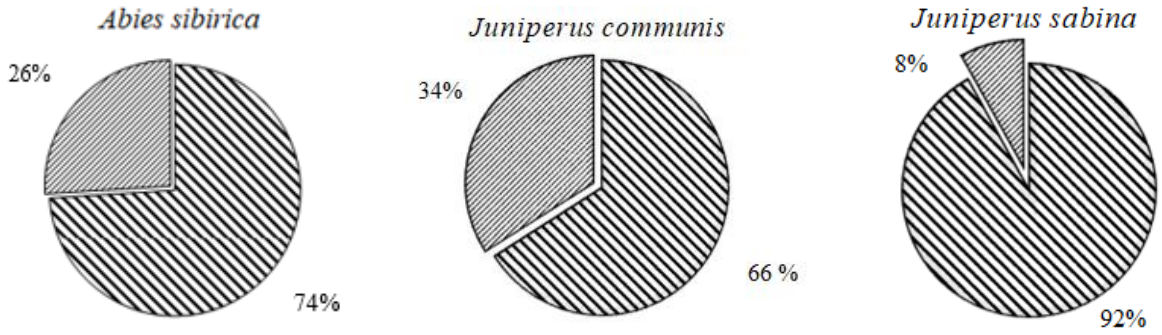

Рисунок – Структурные особенности группировок эпифитных микроорганизмов на листьях некоторых хвойных растений

Условные обозначения: - аммонификаторы, - микромицеты

Проведенный биохимический анализ не показал существенных колебаний показателей у всех трех видов хвойных. Наибольший разброс данных наблюдается в содержании антиоксидантов в образцах листьев хвойных пород (табл.2). Так, преобладающее значение суммы антиоксидантов оказалось у можжевельника обыкновенного (248 мг/г), тогда как этот же показатель у пихты сибирской был меньше в 2 раза (129 мг/г). Известно, что при действии различных неблагоприятных факторов химической и физической природы (например, низкие температуры в зимний период), в растительном организме запускаются процессы окисления свободных радикалов. Наличие в клетках растений эффективных

антиоксидантов, которые защищают их от окислительного стресса и перекисного окисления, позволяет им противостоять окислительным повреждениям [12].

Таблица 2 – Содержание биохимических веществ в образцах листьев некоторых хвойных растений (мг/г в пересчете на сухое вещество)

Вариант	Хлорофилл *a*	Хлорофилл *b*	Полифенолы	Сумма антиоксидантов
Пихта сибирская (К)	1,8	0,7	43,1	129
Можжевельник обыкновенный	1,7	0,7	38,8	248
Можжевельник казацкий	0,9	0,4	45,5	116

Примечание: ошибка определения хлорофилла a и b не превышает 5%, полифенолов 25%, антиоксидантов – 4%

Таким образом, проведенные исследования показали, что в зимний период численность эпифитной микробиоты на листьях хвойных растений варьирует как между разными семействами, так и между разными видами одного семейства. Установлено максимальное обилие эпифитных микроорганизмов у пихты сибирской (22000 КОЕ/г). Листья хвойных можжевельника обыкновенного и можжевельника казацкого оказались менее заселенными эпифитной микробиотой в силу того, что имеют ряд активных фитонцидов и иных биологически активных веществ, подавляющих развитие большого количество бактерий и грибов. Доминантами микробных группировок во всех трех образцах хвойных пород оказались бактерии.

Корреляционной зависимости между количеством микроорганизмов и определенными в данной работе биохимическими показателями установлено не было, однако, ссылаясь на литературные данные [13, 14], богатый состав биологически активных специфических выделений хвойных определенно корректирует численность эпифитной микробиоты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов, Г. А. Комплексы эпифитных микроорганизмов как индикаторы условий произрастания хвойных насаждений / Г. А. Смирнов // Молодёжь и наука : сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. – С. 16-17.

2. Alamri, S. A. Epiphytic microflora on the leaves of *Juniperus procera* from Aseer region, Saudi Arabia // Journal of biological sciences. – 2008. – V. 8. – P.857-865. – doi: 10.3923/jbs.2008.857.865

3. Селихова, А. А. Эпифитная микрофлора растений как специфический фактор растительного иммунитета / А. А. Селихова // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 280-282.

4. Сенашова, В. А. Влияние фитонцидной активности хвойных растений на эпифитные микроорганизмы в условиях Средней Сибири / В. А. Сенашова, Н. Д. Сорокин // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 3. – С. 93-97.
5. Tleulov, S. B. Study of phioncidal properties of coniferous plants / S. B. Tleulov, A. B. Abzhalelov // Interdisciplinary science studies. – 2024. – No.5
6. Эпифитная микробиота листьев интродуцируемых хвойных и лиственных растений / Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, А. Р. Киреева, С. С. Козачок, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров 18-19 ноября 2024 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2024. – С. 158-163.
7. Специфика эпифитных микроорганизмов и экзометаболитов трех видов растений семейства кипарисовые / Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, А. Р. Киреева, С. С. Козачок, А. И. Коротких, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы II Международной научно-практической конференции. – Киров : Вятский государственный университет, 2025. – Книга 2. – С. 182-186.
8. Иванченко, О. Б. Изучение антимикробной активности экстрактов можжевельника и их влияние на микробную контаминацию хлебобулочных изделий / О. Б. Иванченко, Г. С. Онуфриенко // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 5. – С. 230-239.
9. Состав экстрактивных веществ древесной зелени можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) приарктических территорий / Н. В. Селиванова, Н. А. Самсонова, М. А. Гусакова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 6. – С. 241-254.
10. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – Москва : Наука, 1971. – С. 154-171.
11. Определение показателей окислительного стресса в мелиссе лекарственной при действии микромицета *Fusarium culmorum* и его антагонистов / А. И. Фокина, С. Г. Скугорева, Л. В. Трефилова, Л. В. Даровских. – doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-077-083 // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 2. – С. 77-83.
12. Векилова, Ш. С. Антиоксидантная активность растений / Ш. С. Векилова, Б. Ашыров, Г. Тачдурдыева // Наука и мировоззрение. – 2024. – № 26. – С. 266-269.
13. Микробиологические исследования экстракта можжевельника на определение чувствительности к штаммам микроорганизмов / К. О. Иванова, А. М. Лунегов, Т. Ф. Черных, К. Ф. Зенков. – doi: 10.17816/phf625348 // Формулы Фармации. – 2023. – Т. 5. № 4. – С. 52-56.
14. Кульчицкая, В. А. Влияние фитонцидной активности хвойных растений на микроорганизмы / В. А. Кульчицкая, Т. Н. Сидорова // Природные ресурсы: состояние и рациональное использование : материалы Международной научно-практической конференции. – Орёл : Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2022. – С. 112-119.

УДК 581.526.44:582.261.1:582.546.42(571.513)

СТРУКТУРА ЭПИФИТНЫХ ДИАТОМОВЫХ СООБЩЕСТВ *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEUD. ОЗ. ИТКУЛЬ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

Макеева Е. Г.[1, 2], Семенова В. В.[2]
[1]Государственный природный биосферный заповедник «Хакасский», meg77@yandex.ru
[2]Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова, 7barbara@mail.ru

Аннотация. В фитоперифитоне тростника оз. Иткуль в 2024 г. выявлено 76 видов (79 видовых и внутривидовых таксонов) диатомовых водорослей, относящихся к 30 родам, 18 семействам, 12 порядкам, 2 классам. В состав доминирующего комплекса вошли диатомеи: *Achnanthidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Mastogloia lacustris* (Grunow) Grunow, *Ulnaria delicatissima* var. *angustissima* (Grunow) Aboal & P.C. Silva, *Diatoma elongata* (Lyngbye) C. Agardh. К особоактивным видам со 100% встречаемостью относились *Achnanthidium minutissimum, Encyonopsis microcephala* (Grunow) Krammer.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, тростник, эпифитон, озеро Иткуль, Республика Хакасия

Наряду с макрофитами важными компонентами литоральной зоны озер являются эпифитные водорослевые сообщества, активно участвующие в формировании потоков вещества и энергии в экосистеме водоемов, в процессах самоочищения. Тростник южный – высокопродуктивный космополит, произрастающий в местообитаниях различной трофности, экологически пластичный вид, по сравнению с другими гелофитами является лучшим субстратом для водорослей [1]. Тростниковые заросли активно участвуют в очищении воды от органических загрязнителей, тяжелых металлов, эта функция в значительной степени усиливается благодаря существованию перифитонных организмов на погруженных частях растений [2].

Озеро Иткуль – один из крупных пресных водоемов Республики Хакасия, площадью 23,25 км^2, глубиной 17 м, с минерализацией воды 0,6-0,7 г/л. Большая часть акватории оз. Иткуль заповедная (заповедник «Хакасский»). Западный и юго-западный берега озера заболочены, там отмечается наличие низинных дернисто-осоковых кочковатых и тростниковых болот. В последние годы тростниковые заросли наблюдаются и в районе северного берега. Восточный и южный берега озера лишены тростниковой растительности, но периодически с западной стороны приплывают дерновины тростника или острова-сплавины.

Цель данной работы – выявление видового состава эпифитных диатомовых сообществ на тростнике, определение доминирующих и активных видов.

Материалом для исследования стали образцы, собранные с тростника южного в июле 2024 года. Пробы отбирали на пяти станциях, расположенных

вдоль северного, западного, юго-западного берегов оз. Иткуль (рис. 1). При этом учитывалась плотность зарослей тростника (использовалась рамка 50х50 см), она варьировала от 9 до 62 экземпляров (экз.) на 0,25 м^2. Одновременно проводили измерение показателя pH, который составил 8,7-8,8, температуры воды в поверхностном слое – 24,3-25,0°С.

Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб

Фитоэпифитон собирали с тростника от водной поверхности до глубины 20-30 см, тростник срезали ножницами, затем соскабливали обрастания в пластиковые пробирки. Для сжигания протопласта использовали методику обработки проб для диатомового анализа, описанную в статье С.С. Бариновой [3]. Видовой состав водорослей определяли с помощью светового микроскопа «Olympus CX41» при увеличении 100х10. Названия и авторы таксонов приведены по данным сайта AlgaeBase [4].

В 2006-2009 гг. сотрудниками заповедника проводилась инвентаризация альгофлоры оз. Иткуль, в обрастаниях тростника выявлено 123 видовых и внутривидовых таксона диатомовых водорослей. В тот период из диатомей доминировали *Mastogloia lacustris* (Grunow) Grunow и *Cymbella cymbiformis* C. Agardh, содоминировали *Cymbella affinis* Kützing, *Cymbella helvetica* Kützing [5].

В 2024 г. в эпифитоне тростника зарегистрировано 76 видов (79 видовых и внутривидовых таксонов) диатомовых водорослей, относящихся к 30 родам, 18 семействам, 12 порядкам, 2 классам. В составе обрастаний обнаружены следующие таксоны: *Achnanthidium lineare* W. Smith, *A. minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Amphora affinis* Kützing, *A. ovalis* (Kützing) Kützing, *A. pediculus* (Kützing) Grunow, *Aneumastus rostratus* (Hustedt) Lange-Bertalot, *A. tusculus* (Ehrenberg) D.G. Mann & A.J. Stickle, *Brachysira serians* (Brébisson) Round & D.G. Mann, *Cocconeis euglypta* Ehrenberg, *C. placentula* Ehrenberg, *Craticula cuspidata*

(Kützing) D.G. Mann, *Cymbella affinis* Kützing, *C. aspera* (Ehrenberg) Cleve, *C. cistula* (Ehrenberg) O. Kirchner, *C. cymbiformis* C. Agardh, *C. hantzschiana* Krammer, *C. hantzschiana* var. *strontiana* Krammer, *C. helvetica* Kützing, *C. nepalensis* (Jüttner & Van de Vijver) Vishnjakov, *Diatoma elongata* (Lyngbye) C. Agardh, *D. tenuis* C. Agardh, *Diploneis parma* Cleve, *Encyonema cespitosum* Kützing, *E. lacustre* (C. Agardh) Pantocsek, *E. minutum* (Hilse) D.G. Mann, *E. silesiacum* (Bleisch) D.G. Mann, *E. ventricosum* (C. Agardh) Grunow, *Encyonopsis cesatii* (Rabenhorst) Krammer, *E. microcephala* (Grunow) Krammer, *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing, *E. parallela* (Grunow) Ruck & Nakov, *E. smithii* Carruthers, *Eucocconeis quadratarea* (Østrup) Lange-Bertalot, *Eunotia curtagrunowii* Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot, *Fragilaria amphicephaloides* Lange-Bertalot, *F. capucina* Desmazières, *F. intermedia* (Grunow) Grunow, *Fragilariforma bicapitata* (A. Mayer) D.M. Williams & Round, *Gomphonella olivacea* (Hornemann) Rabenhorst, *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg, *G. acuminatum* var. *longiceps* (Ehrenberg) N. Abarca & R. Jahn, *G. brebissonii* Kützing, *G. gracile* Ehrenberg, *G. grunowii* R.M. Patrick & Reimer, *G. longiceps* f. *gracile* Hustedt, *G. longiceps* var. *subclavatum* Grunow, *G. truncatum* Ehrenberg, *Lindavia comta* (Kützing) T. Nakov & al., *Mastogloia albertii* Pavlov, Jovanovska, Wetzel, Ector & Levkov, *M. danseyi* (Thwaites) Thwaites ex W. Smith, *M. elliptica* (C. Agardh) Cleve, *M. lacustris* (Grunow) Grunow, *Navicula capitatoradiata* H. Germain ex Gasse, *N. cincta* (Ehrenberg) Ralfs, *N. cryptocephala* Kützing, *N. exigua* W. Gregory, *N. exilis* Kützing, *N. oblonga* (Kützing) Kützing, *N. radiosa* Kützing, *N. reinhardtii* (Grunow) Grunow, *N. veneta* Kützing, *N. viridula* (Kützing) Ehrenberg, *Nitzschia denticula* Grunow, *N. fonticola* (Grunow) Grunow, *N. linearis* W. Smith, *N. palea* (Kützing) W. Smith, *N. perminuta* Grunow, *N. sublinearis* Hustedt, *Pantocsekiella ocellata* (Pantocsek) K.T. Kiss & Ács, *Placoneis elginensis* (W. Gregory) E.J. Cox, *Reimeria sinuata* (W. Gregory) Kociolek & Stoermer, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *T. flocculosa* (Roth) Kützing, *Tryblionella angustata* W. Smith, *Ulnaria acus* (Kützing) Aboal, *U. delicatissima* var. *angustissima* (Grunow) Aboal & P.C. Silva, *U. ulna* (Nitzsch) Compère.

Существенную роль в сложении эпифитной альгофлоры играли семейства Gomphonemataceae, Cymbellaceae, Naviculaceae, Bacillariaceae, Mastogloiaceae, Tabellariaceae, Fragillariaceae и роды *Navicula*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Encyonema*, *Mastogloia*, *Fragillaria*.

На различных станциях отбора обнаружено от 7 до 47 видов, разновидностей и форм диатомей. Наибольшее разнообразие диатомей отмечено в обрастаниях с западной стороны озера на молодом вегетирующем тростнике – 47 видовых и внутривидовых таксонов, наименьшее – на прошлогоднем тростнике северного берега – 7. В текущем году не выявлены четкие зависимости видового разнообразия от возраста тростника и плотности зарослей. Известно, что увеличение плотности зарослей, как правило, негативно влияет на развитие эпифитона [6]. Однако нами отмечено, что видовое богатство выше в сообществах тростника плотностью 33–36 экз. / 0,25 м^2, чем в зарослях с большей или меньшей плотностью. Так на станции 1, с максимальной плотностью зарослей (62 экз. на

0,25 м^2) выявлено 23 видовых и внутривидовых таксона, на станции 4-15 (при плотности 9 экз. на 0,25 м^2), а на станции 3 обнаружено 47 видов (36 экз. на 0,25 м^2).

В состав фитоперифитона входили как планктонные формы *Lindavia comta*, *Pantocsekiella ocellata*, *Stephanodiscus hantzschii* и др., планктонно-бентосные – представители родов *Ulnaria*, *Diatoma*, *Tabellaria* и др., так и типично бентосные виды, такие как *Mastogloia lacustris, Amphora ovalis*, *Gomphonella olivacea*, *Nitzschia denticula, N. linearis* и др.

Интересна находка *Cymbella nepalensis*, вида, предпочитающего олиготрофные условия, встречаемого в водоемах и водотоках Средней и Южной Сибири, Гималаев, Монголии, Русской Арктики [7].

На тростнике доминировали *Achnanthidium minutissimum*, *Mastogloia lacustris*, *Ulnaria delicatissima* var. *angustissima*, *Diatoma elongata*. На всех станциях отбора проб преобладал *Achnanthidium minutissimum*, вид широко распространенный в разных типах водных объектов и обильный в хорошо аэрируемых озерах, водотоках с нейтральной или слабощелочной реакцией среды. *Mastogloia lacustris* превалировала на 2 и 3 станциях, данный вид широко распространен преимущественно в алкалинных стоячих водах, отмечен как в пресных, солоноватоводных, так и в морских экосистемах. *Ulnaria delicatissima* var. *angustissima* (космополит, встречается в водах с низким и средним содержанием электролитов, особенно в горных районах) преобладала только на первой станции. На 3 и 4 станциях в числе главных обрастателей была *Diatoma elongata*, космополитный вид, встречаемый как эпифит и как планктонная форма в водах со средним и высоким содержанием электролитов. На третьей станции содоминировали – *Cymbella helvetica*, широко распространенный в пресных мезотрофных водоемах вид, и *Navicula capitatoradiata* (космополит, встречающийся в слегка солоноватых водах и в пресных водах с высокой концентрацией электролитов).

Наиболее высокие показатели встречаемости (активности) в 2024 г. характерны для *Achnanthidium minutissimum* (100,0 %), *Encyonopsis microcephala* (100,0%), *Mastogloia lacustris* (91,7%), *Pantocsekiella ocellata* (83,3%), *Cymbella affinis* (83,3%), *Gomphonema acuminatum* var. *longiceps* (75,0%), *Navicula radiosa* (75,0%).

С 2006–2009 гг. произошло некоторое изменение состава доминирующих видов на тростнике, возможно связанное с колебаниями уровня воды озера, а именно повышение активности и обилия в 2024 г. *Achnanthidium minutissimum*, *Ulnaria delicatissima* var. *angustissima, Diatoma elongata*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Karosienė, J. Seasonal succession of epiphyton algal communities on Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stend. in a mesoeutrophic lake / J. Karosienė, J. Kasperovičienė // Ekologiya. – 2008. – Vol. 54, № 1. – P. 32-39.

2. Lakatos, G. Heavy metal content of common reed (*Phragmites* australis (Cav.) Trin. ex Steudel) and its periphyton in Hungarian shallow standing waters / G. Lakatos, M. Kiss, I. Mészáros // Hydrobiologia, 1999. 415: 47-53.
3. Баринова, С. С. Простой метод подготовки постоянных препаратов диатомовых и оценка обилия микроводорослей в целях биоиндикации / С. С. Баринова // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. – Т. 1, № 3-4. – С. 56-62.
4. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase World-wide electronic publication, National Universityof Ireland, Galway (2025). – URL: http://www.algaebase.org (дата обращения: 22.04.2025).
5. Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Иткуль» заповедника «Хакасский» / В. П. Парначев, С. П. Кулижский, А. М. Сазонов [и др.]. – Абакан : Хакасское книжное издательство, 2010. – 418 с.
6. Протасов, А. А. Перифитон как экотопическая группировка гидробионтов / А. А. Протасов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2010. – № 1. – С. 40-56.
7. Морфология и распространение *Cymbella neocistula* Krammer и *Cymbella nepalensis* (Jüttner & Van de Vijer) Vishnjakov stat. nov. (Bacillariophyceae) в водоемах Южной Сибири и Монголии / В. С. Вишняков, М. С. Куликовский, Н. И. Дорофеюк, С. И. Генкал // Биология внутренних вод. – 2015. – № 4. – С. 3-11.

УДК 582.2/.3: 582.263:58.009

НАХОДКИ ДВУХ РЕДКИХ ВИДОВ ЗЕЛЕНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В СНЕЖНИКАХ УРАЛА И САЯН

Новаковская И. В.[1], Патова Е. Н.[1], Макеева Е. Г.[2,3]
[1]Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар,novakovskaya@ib.komisc.ru, patova@ib.komisc.ru
[2]Государственный природный заповедник «Хакасский»,
[3]Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова, meg77@yandex.ru

Аннотация. В материалах приводится описание двух редких видов *Chlamydomonas proteus* и *Xerochlorella minuta*. Штаммы были выделены из проб снега в местах массового «цветения» водорослей на Приполярном Урале и Западном Саяне. В результате их изучения с применением световой микроскопии и молекулярно-генетических методов (анализ нуклеотидных последовательностей 18S и ITS2 рДНК) получены новые данные по биологии, географии и филогении видов. В ходе исследования дополнены описания и расширены представления об экологии этих микроводорослей. *Chlamydomonas proteus* является первой подтвержденной молекулярно-генетическими методами находкой на территории России.

Ключевые слова: криофильные водоросли, Chlorophyta, характеристика штаммов, «цветение» снега, горные районы, Россия

Криофильные водоросли – группа фотоавтотрофных организмов с особыми физиологическими механизмами адаптации к низким температурам. Обитают в основном на снежниках и ледниках в полярных и арктических регионах, окрашивая снег в красный, оранжевый, синий, зеленый и другие цвета. Известно несколько сотен видов из разных систематических групп, большинство относятся к Chlorophyta.

Водоросли снега и льда представляют большой интерес для биотехнологии и промышленности, так как способны производить холодоактивные ферменты и белки, вторичные метаболиты, антиоксиданты, омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты и др. В связи с этим, эта группа водорослей представляет интерес как для фундаментальных, так и для прикладных исследований.

Цель данной работы – дополнить и обобщить сведения по морфологии, экологии, географии и филогении двух штаммов водорослей, выделенных из проб «окрашенного» снега на Приполярном Урале и Западном Саяне.

Микроводоросли были выделены летом 2019 г. с поверхности «красного» снега на Приполярном Урале – снежник среди каменистых осыпей, хребет Малдынырд (951 м над ур. м., 65°12′23″N, 60°12′07″E) и на Западном Саяне – снежник в лиственнично-кедровом лесу, хребет Кохош (1782 м над ур. м., 51°44′59,82″N, 89°50′4,68″E). Пробы снега отбирали в стерильные пластиковые пробирки объемом 15 мл Greiner Bio-One (Австрия), а также в чашки Петри с агаризованными средами 3N BBM и BG-11.

Для изучения морфологических особенностей клеток получены монокультуры, выращенные на жидких и агаризованных средах 3N BBM и BG-11. Выделенные штаммы (SYKOA Ch-133-19 и SYKOA Ch-200-17) хранятся в коллекции живых культур водорослей Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (https://ib.komisc.ru/sykoa) в холодильной камере при следующих условиях: освещенность – 45 мкмоль $м^{-2}с^{-1}$ ФАР (фитолампа Uniel ULI-P11-35W/SPFR IP40 WHITE, Китай), период 12:12 ч (день/ночь), температура 10 °C. Морфологию штаммов изучали на световом микроскопе Nikon Eclipse 80 i (Япония), оборудованном системой дифференциального интерференционного контраста (ДИК) и видеофиксации изображений при увеличениях ×40 и ×100. Идентификация видов выполнена с привлечением отечественных [1] и зарубежных определителей [2], а также обзорных статей [3-4]. Таксономия и номенклатура водорослей приведены по AlgaeBase [5], фитогеографические характеристики – по определителям и базе данных AlgaeBase [1, 2, 5].

Выделение ДНК и анализ нуклеотидных последовательностей 18S и ITS2 рДНК выполнен в Центре коллективного пользования «Молекулярная биология» Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Подробная методика выделения ДНК, условия амплификации и секвенирования, а также филогенетический анализ приведены в статье И. В. Новаковской и др. [6].

Chlamydomonas proteus E. G. Pringsh., штамм SYKOA Ch-133-19 (отдел Chlorophyta, класс Chlorophyceae, порядок Chlamydomonadales, семейство Chlamydomonadaceae). Водоросль имеет одиночные клетки, двужгутиковые, эллипсоидной или эллипсоидно-яйцевидной формы, в верхней части расположен

небольшой выпуклый носик. Жгутики равны длине клетки или в 1,5 раза длиннее. Хлоропласт боковой, мантиевидный. Один шаровидный пиреноид в центре клетки с массивной крахмальной обверткой из нескольких отдельных зерен. Ядро одно, расположено в нижней части. Стигма эллипсоидной формы, сдвинута к центру клетки, в верхней части расположены две сократительные вакуоли. Клетки могут достигать 13 мкм дл. и 10 мкм шир. С возрастом клетки округляются, наблюдается незначительное утолщение и усиленное ослизнение их клеточных оболочек. Размер клеток может достигать 19 мкм в дл. и 16 мкм в шир. В старых клетках могут наблюдаться многочисленные вакуоли. Размножение происходит за счет формирования преимущественно 2-4 (8) зооспор под оболочкой материнской клетки. Кроме того, согласно данным литературы у водоросли возможно половое размножение с образование подвижных гамет [3].

В ходе исследования выявлено, что клетки безжгутиковых стадий *C. proteus* по размерам крупнее на 3–4 мкм, чем указано в литературе (9 мкм дл. и 6 мкм шир.), старые клетки в два раза больше подвижных клеток. У стареющих клеток отмечали формирование мощной слоистой слизи, что ранее не было известно у этого вида. Наблюдали процесс, напоминающий слияние гамет, но последующего развития зигот с толстой волнистой оболочкой мы не увидели. Возможно, это связано с условиями культивирования и/или физиологическим состоянием культуры, которые привели к тому, что зиготы не формировались [6].

Молекулярно-генетические данные подтверждают сходство изученного штамма с видом *C. proteus*. Последовательность SYKOA Ch-133-19 имела высокое нуклеотидное сходство (99,8%) с аутентичным штаммом *C. proteus* SAG 41.72 и образовала с ним одну кладу со 100% поддержкой [6].

C. proteus – редкий вид, встречается в наземных и водных местообитаниях. Согласно имеющимся сводкам по водорослям, это вторая находка для России. Ранее вид был встречен в кислых источниках в районе кальдера Узона и Долины гейзеров на Камчатке [3].

Xerochlorella minuta (J. B. Petersen) Mikhailyuk et P. M. Tsarenko, штамм SYKOA Ch-200-17 (отдел Chlorophyta, класс Trebouxiophyceae, порядок и семейство Trebouxiophyceae ordo incertae sedis). Клетки одиночные или в небольших 2–4-клеточных колониях, со слабой, едва заметной слизистой оболочкой. Клетки яйцевидные, широко эллипсоидные, от 3-6 до 5-7 мкм в диам., в старых культурах почти шаровидные, соединены своими узкими концами с полулунными или крестообразными остатками материнской (спорангиальной) оболочки. Хлоропласт пристенный, чашевидный, занимает половину или 2/3 внутренней поверхности клеток, с пиреноидом, окруженным несколькими (5-6) крахмальными зернами. Бесполое размножение с помощью 2–4 автоспор [6].

Исследованный штамм, в отличие от диагностических характеристик *X. minuta*, формирует 2–4-клеточные колонии (в литературе 2–4–8–16-клеточные) со слабой, едва заметной тонкой слизистой оболочкой (по данным литературы она может достигать толщины 2,1-5,0 мкм) [2, 4].

На основе морфологических признаков, а также молекулярно-генетических данных, штамм SYKOA Ch-200-17 отнесен к *X. minuta* [6]. Сравнение

последовательности ITS2 изученного штамма с аналогичными последовательностями других штаммов из GenBank показало, что SYKOA Ch-200-17 с высокой поддержкой (97%) попадает в одну кладу с таксонами, которые ранее были объединены Mikhailyuk et al. (2020) в один вид *X. minuta* [4].

Согласно M. D. Guiry и G. M. Guiry (2024) [5], водоросль *X. minuta* отмечена в Дании, Словакии и Аргентине. Обитает преимущественно в почве [4]. Ранее этот вид также был обнаружен в почвенных пробах Северного Урала – окрестности г. Пеленер [6] и Воркутинской тундры, окрестности пос. Советский, мохово-ерниковое сообщество [7].

В результате проведенных исследований дополнены морфологические характеристики изученных видов. Расширены представления об их распространении и экологии: водоросли впервые отмечены в криофильных условиях и их можно отнести к психротолерантным видам, т.к. они способны к вегетации при широком диапазоне температур. Молекулярно-генетический анализ подтвердил систематическую принадлежность исследованных штаммов к таксонам *Chlamydomonas proteus* и *Xerochlorella minuta* и их филогенетические связи.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Госзадания №125021902460-2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева, В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales) / В. М. Андреева. – Санкт-Петербург : Наука, 1998. – 352 с.
2. Ettl, H. Syllabus der Boden-, Luft-und Flechtenalgen. 2 Auflage / H. Ettl, G. Gärtner. – Berlin, Heidelberg : Springer Spektrum, 2014. – 773 p.
3. *Chlamydomonas proteus* Pring. из кислых источников полуострова Камчатка / Б. В. Громов, К. А. Мамкаева, Н. Н. Титова, Г. Н. Войнова // Ботанический журнал. – 1977. – № 62(7). – С. 1049-1053.
4. Dictyosphaerium-like morphotype in terrestrial algae: what is *Xerochlorella* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta)? / T. Mikhailyuk, A. Holzinger, P. Tsarenko, K. Glaser, E. Demchenko, U. Karsten // European Journal of Phycology. – 2020. – № 56(3). – P. 671-686.
5. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2024. https://www.algaebase.org.
6. Новые находки двух редких видов зеленых водорослей (Chlorophyta) в снежниках Приполярного Урала и Западного Саяна / И. В. Новаковская, Е. Н. Патова, Е. Г. Макеева, Д. М. Шадрин // Новости систематики низших растений. – 2024. – № 58(2). – С. А33-А47.
7. Андреева, В. М. Почвенные неподвижные зеленые водоросли (Chlorophyta) Воркутинской тундры (Республика Коми) / В. М. Андреева // Новости систематики низших растений. – 2004. – № 37. – С. 3-8.

УДК 582.26: 58.009

СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ЭУКАРИОТНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ СПЛОШНОЙ РУБКИ ЕЛОВОГО ЛЕСА

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

Аннотация. Представлена трехлетняя динамика видового разнообразия, структуры сообществ почвенных водорослей и цианобактерий в течение ранней стадии восстановительной сукцессии после рубки ельника, сформированного на подзолистых почвах на участках колей и пасек при трех- и десятикратном проходах четырёхосного форвардера. Выявлено 58 видов из шести отделов: Cyanobacteria – 16, Euglenozoa – 1, Ochrophyta – 2, Bacillariophyta – 7, Chlorophyta – 26, Streptophyta – 6. На нарушенных участках отмечено увеличение разнообразия и численности микроводорослей, а также изменение скоростей фиксации атмосферного азота.

Ключевые слова: разнообразие, количественные показатели, азотфиксация, подзолистые почвы

Рубка леса является одной из острых экологических проблем современности. С каждым годом наблюдается увеличение объемов заготовляемой древесины, что приводит не только к истощению природных ресурсов, но и к трансформации наземных и водных экосистем, увеличению выбросов диоксида углерода, уменьшению биоразнообразия живых организмов, опустыниванию обширных территорий и образованию болот [1]. Тяжелые машины, используемые для заготовки древесины, вызывают серьезные механические нарушения почвенного покрова, уплотнение почвы, снижение скорости инфильтрации, перемешивание почвенных горизонтов, изменение физических свойств почвы, эрозию почв, трансформацию лесных сообществ и др. [2, 3].

Проведено исследование разнообразия и участия почвенных и ассоциированных со мхами эукариотных и прокариотных (цианобактерии) водорослей в процессах освоения трансформированных почв с разным уровнем нарушений напочвенного покрова в результате сплошной рубки елового леса на ранней стадии восстановительной сукцессии (1-3 года).

Исследование было проведено на экспериментальном участке, заложенном в ельнике чернично-зеленомошном в окрестностях г. Сыктывкар (Республика Коми, N 61°56'23"; E 50°24'35"; 260 м над ур. м.) [4]. Выявление активно вегетирующих и доминантных видов водорослей проводили при микроскопировании свежесобранных проб. В лабораторных условиях для идентификации таксонов использовали накопительные культуры с последующим выделением из них монокультур. Культивирование водорослей выполнено с

применением широко используемых жидких и агаризованных сред Bg11 и WC, с выделением альгологически чистых культур. Выполнен учет клеток в свежесобранных образцах почвы. Активность фиксации молекулярного азота измеряли методом восстановления ацетилена [5]. Химический анализ почв выполнен в экоаналитической лаборатории и отделе почвоведения Института биологии Коми научного центра УрО РАН. Сравнение средних значений азотфиксации и численности водорослей анализируемых образцов, выполнено с использованием критерия Манна-Уитни непараметрической статистики в программе Statistica 13.0 (StatSoft, США).

Изучена трехлетняя динамика видового разнообразия, структуры сообществ почвенных водорослей и цианобактерий в течение ранней стадии восстановительной сукцессии (1-3 года) после рубки ельника черничного, сформированного на подзолистых почвах. Изучены альгогруппировки почвенно-растительного покрова на участках колей и пасек при трех- и десятикратном проходах четырёхосного форвардера, а также при десятикратных проходах с последующим выравниванием волоков для сглаживания колей. Выявлено 58 видов из шести отделов: Cyanobacteria – 16, Euglenozoa – 1, Ochrophyta – 2, Bacillariophyta – 7, Chlorophyta – 26, Streptophyta – 6. Доминирующий комплекс включал: *Anabaena verrucosum*, *Coccomyxa simplex*, *Klebsormidium nitens*, *Nostoc punctiforme*, *Stichococcus bacillaris* и виды из рода *Chlamydomonas*. На нарушенных участках отмечено увеличение разнообразия и численности микроводорослей, а также изменение структуры альгогруппировок. До рубки леса в альго-группировках отмечено 25 видов, численность почвенных водорослей составила 0.009 млн кл/г почвы. На участках с разной степенью трансформации почвенно-растительного покрова отмечено от 6 до 21 видов в альгоруппировке, численность почвенных водорослей на третий год восстановительной сукцессии была максимальной, диапазон значений составил 1.38-2.93 млн клеток/г почвы.

На трансформированных рубкой леса участках происходит увеличение численности фиксирующих азот цианобактерий, что отражается на скоростях азотфиксирующей активности моховой дернины на пасеках и криптогамных корочек волоков. Азотфиксирующая активность измерена методом восстановления ацетилена. На пасеках эпифитные цианобактерии, ассоциированные с мхами *Sphagnum angustifolium* и *Hylocomium splendens*, фиксируют атмосферный азот со скоростями до 4.48 и 3.49 мкг C_2H_4 $г^{-1}ч^{-1}$ соответственно, это превышает фоновые показатели исходного елового леса 1.42 и 0.55 мкг C_2H_4 $г^{-1}ч^{-1}$. На волоках с трехкратным проходом форвардера, где почвенный профиль не претерпел значительных изменений, максимальные показатели отмечены в первый год после рубки леса 0.58 мг C_2H_4 $м^{-2}ч^{-1}$. На волоках с высокой техногенной нагрузкой увеличение скорости азотфиксации отмечено к третьему году восстановительной сукцессии до 0.89 мг C_2H_4 $м^{-2}ч^{-1}$на участке при десятикратном проходе форвардера и до 0.46 мг C_2H_4 $м^{-2}ч^{-1}$ на волоках с десятикратным проездом и последующим выравниванием колей. Показано, что рекультивация волоков с выравниванием колей и удалением

подстилки значительно подавляет и замедляет процесс азотфиксации на ранних этапах восстановительной сукцессии.

Исследования показали, что интенсивное развитие почвенных водорослей и цианобактерий обеспечивает поступление органических веществ и обогащение азотом нарушенных сплошной рубкой верхних горизонтов почв на ранних этапах восстановительной сукцессии, а также формирование условий для интенсификации процесса лесовозобновления. Время завершения этого процесса в значительной степени определяется характером и уровнем деформации природных комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Oladipo, E. Global impact of environmental sustainability on deforestation / E. Oladipo // International Journal of Scientific and Engineering Research. – 2015. – V. 6, № 9. – P. 103-115.
2. Foltz R.B., Copeland N.S., Elliot W.J. Reopening abandoned forest roads in northern Idaho, USA: Quantification of runoff, sediment concentration, infiltration, and interrill erosion parameters // J. Environ. Manage. – 2009. – V. 90. – P. 2542-2550.
3. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров, 2020. – Ч. 1. – С. 22-39.
4. Изменение почв и растительности при разном числе проездов колесной лесозаготовительной техники (средняя тайга, Республика Коми) / А. А. Дымов, В. В. Старцев, Н. М. Горбач [и др.] // Почвоведение. – 2022. – № 11. – С. 1426-1441.
5. Stewart W.D., Fitgeral G.P., Burris R.H. In situ studies on N2 fixation using the acetylene reduction technique // Proceed. N. Acad Sci USA. – 1967. – V. 58. – P. 2071-2078.

УДК 574. 636

ПОИСК И ИЗУЧЕНИЕ БАКТЕРИЙ С АНТИЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Попова М. А., Зубишина А. А.
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,
marymayer819@gmail.com[1], alla1812@yandex.ru[2]

Аннотация. Цианобактериальное «цветение» водоемов распространенная экологическая проблема в настоящее время. Она связана в основном с антропогенным эвтрофированием водных объектов и является серьезной угрозой для водных экосистем. Последствием «цветений» могут быть: отравления или гибель животных и людей, заморы гидробионтов, ухудшение качества воды, затруднение водоснабжения. Наиболее экологичным способом борьбы с

цианобактериями является биологический метод с использованием микроорганизмов.

С помощью стандартных микробиологических методов из водных сред (пруд, водохранилище, водоемы очистных сооружений) было выделено 18 штаммов бактерий. Выделенные штаммы, методом агаровых блоков, проверяли на антибиотическую активность. 7 штаммов проявили антагонистическое воздействие на тест-культуру цианобактерии *Synechocystis sp*. штамм PCC6803. Наиболее сильное антицианобактериальное воздействие оказали штаммы П-1, П-2, В-1 (выделены из естественных водоемов) и О-2 (выделен из водоема очистных сооружений).

Ключевые слова: бактерии, цианобактерии, аницианобактериальная активность, выделение штаммов бактерий

Массовое развитие («цветение») цианобактерий в водоемах является широко распространенной экологической проблемой. Она обострилась во второй половине XX века в связи с активным вмешательством человека в естественные водные экосистемы (строительство гидротехнических сооружений, водохранилищ и антропогенная эвтрофикация). К числу эффектов «цветения» относятся: негативное воздействие цианобактериальных токсинов на человека и животных, формирование анаэробных зон и заморов гидробионтов, ухудшение качества воды. В настоящее время массовое развитие цианобактерий отмечается в водоемах всех климатических зон и федеральных округов России. Также активное развитие цианобактерий отмечается и в прибрежных морях России [1, 2].

Для предотвращения и борьбы с «цветением» водоёмов было создано множество методов – физических, химических и биологических. Некоторые из них осуществимы и эффективны, но физические методы не могут полностью решить проблему, а химические и в большинстве случаев вызывают вторичное загрязнение водоемов [3]. В последнее время биологический метод контроля цианобактерий в водоемах рассматривается как наиболее перспективный. Благодаря огромной роли микроорганизмов в водных экосистемах, и способности воздействовать на другие организмы за счет выделения антибиотических веществ, хищничества или паразитизма, существует возможность использования их в качестве естественных агентов контроля «цветений» [4, 5]. Возможна не только борьба с чрезмерным развитием цианобактерий, но и борьба с его последствиями – повышением в воде концентрации токсичных веществ, производимых некоторыми представителями сообществ «цветения». Применение микроорганизмов является наиболее экологичным способом решения проблем, который необходимо сочетать с методами, позволяющими купировать причины возникновения массовой вегетации цианобактерий. Таким образом, поиск микроорганизмов с антибиотическими свойствами для создания биотехнологий подавления «цветения» водоемов является актуальной задачей.

С помощью стандартных микробиологических методов из водных объектов (городской пруд, Горьковское водохранилище, водоемы очистных сооружений) на твердых средах LB и BG-11 были выделены 18 штаммов бактерий. С помощью

метода агаровых блоков в ходе первичного скрининга данные штаммы были проверены на антибиотическую активность [6]. О наличии антибиотических свойств у штаммов бактерий судили по диаметру зоны ингибирования роста тест-культуры цианобактерии *Synechocystis* sp. PCC6803. Тестовый организм высевали на чашки Петри сплошным газоном и после нескольких дней культивирования в фитокамере «Флора» на поверхность газона выкладывали агаровые блоки с биомассой выделенных бактерий. Семь штаммов (П-1, П-2, В-1, А-4, А-6, А-8, О-2) проявили антагонистическое действие в отношении цианобактерии. Нужно отметить, что три штамма (П-1, П-2, В-1) культивировались на минеральной среде без дополнительного источника углерода, что может сделать биотехнологический процесс более экономичным при создании биопрепарата.

В ходе эксперимента наблюдались разные варианты проявления влияния бактериальных штаммов на «газон» с *Synechocystis* sp. PCC6803. Четкая граница зоны ингибирования роста тест-культуры была зафиксирована у штамма П-2 (рис. 1а), что свидетельствует о высокой эффективности антибиотической активности. Такая граница обычно наблюдается, если выделяемое антагонистическим организмом вещество оказывает локальное воздействие на тестируемый объект. Диффузные границы зон подавления у штаммов П-1, В-1, О-2, А-4, А-8 указывают на более специфичное действие веществ или снижение воздействия при уменьшении концентрации (рис. 1а, 1б, 1в). У бактериального агента А-6 отмечена необычная форма края зоны ингибирования – диффузная граница, с кольцом цианобактериальной тест-культуры вокруг блока (рис. 1г). Подобные случаи не встречались нам ранее и не отмечены в литературных источниках. Возможно, что вещество, выделяемое бактерией в среду со временем, претерпевает изменения и переходит в менее токсичную форму или разлагается и в этой зоне постепенно вновь начинает развиваться тестовая цианобактерия.

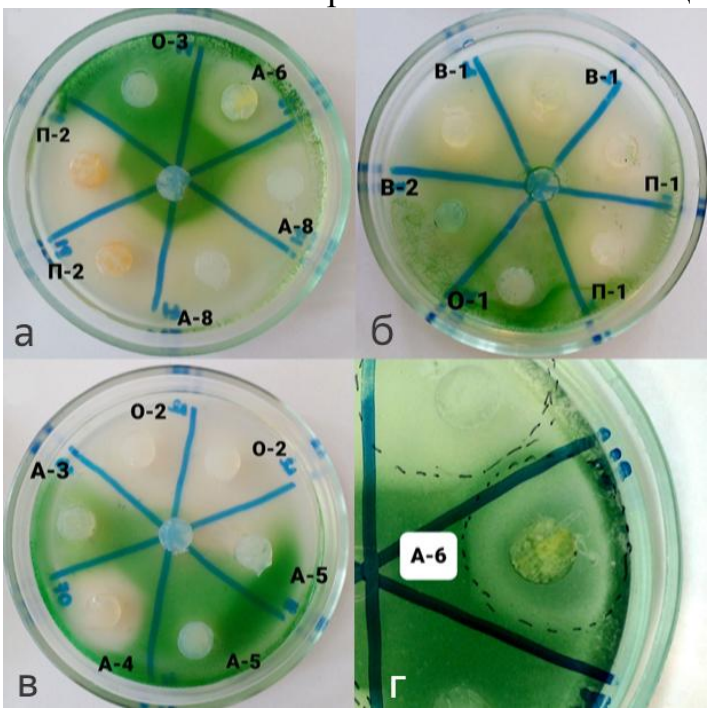

Рисунок 1 – Границы зон ингибирования роста штаммов: а – П-2, А-6 и А-8; б – П-1 и В-1, в – О-2 и А-4, г – А-6.

Для сравнения антибиотической активности разных штаммов были использованы тесты Тьюки и Шеффе. Значимость различий принималась при $p \leq 0,05$. По полученным данным выяснилось, что величины зон подавления у штаммов П-1 и П-2, П-1 и В-1, П-2 и В-1, П-2 и О-2, В-1 и О-2, А-4 и А-8, А-6 и А-8 отличаются недостоверно (р-значения больше критического 0,05). Это означает, что при данном объеме выборки (количество значений 7) мы не смогли доказать разницу между средними значениями. Поэтому, антибиотическая активность штаммов П-1, П-2, В-1 и О-2 была принята нами за равную друг другу. По данным анализа был составлен ряд возрастания силы антибиотического действия бактериальных агентов:

А-4=А-8<А-6<П-1=П-2=В-1=О-2

Таким образом, наиболее сильное антицианобактериальное воздействие показали выделенные из естественных водоемов штаммы П-1, П-2, В-1 с диаметрами зон подавления 34,8±1,2 мм, 34,8±1,5 мм, 37,2±0,9 мм соответственно, и штамм О-2 − из вод очистных сооружений с диаметром зоны 38±1,8 мм. Сравнение с результатами предыдущих исследований [7] по соотношению диаметров зон ингибирования показало, что выделенные нами штаммы в 1,7-1,8 раза более эффективны самого действенного штамма *Pseudomonas aeruginosa* РАО 1 в подавлении роста и развития тестовой цианобактерии. Подобные результаты подтверждают сильные антицианобактериальные свойства выделенных нами бактериальных штаммов П-1, П-2, В-1 и О-2, и свидетельствуют о хорошей перспективе их исследования в качестве действующего агента микробиологического препарата для борьбы с цианобактериальным «цветением» воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов, Э. В. Цветение водоёмов: причины и последствия / Э. В. Романов, А. В. Лелецкий // Достижения науки и образования. – 2019. – № 1 (42). – С. 6-7.
2. Биомониторинг и биотестирование почв / Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова, А. И. Фокина [и др.] // Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. – Киров : О-Краткое, 2008. – С. 68-105.
3. Чернова, Е. Н. Токсичные метаболиты сине-зелёных водорослей и методы их определения / Е. Н. Чернова, Я. В. Русских, З. А. Жаковская // Вестник Санкт–Петербургского университета. Физика. Химия. – 2017. – Т. 4, № 4. – С. 440-473.
4. Biological control of cyanobacteria: principles and possibilities / D. C. Sigee [et al.] // Springer Netherlands. – 1999. – P. 161-172.
5. Специфика "цветения" почвы в техногенных зонах города (на примере г. Кирова) / В. А. Ефремова, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2012. – № 2. – С. 85-89.
6. Приготовление питательных сред и культивирование микроорганизмов методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Микробиология», «Фармакология, биохимия, микробиология» и

«Биотехнология» для студентов ИПР, ИФВТ дневной формы обучения / сост. А. П. Асташкина. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 19 с.
7. Поиск штаммов бактерий с антицианобактериальной активностью для биологического контроля "цветения" воды / А. А. Зубишина, К. А. Матвеева, Ю. В. Зайцева, С. И. Сиделев // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение : материалы докладов II Международной научной школы-конференции, Сыктывкар, 16–21 сентября 2019 года. – Сыктывкар : Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2019. – С. 151-155.

УДК 579.26

MICROBIAL BIOINOCULANTS FOR SALINITY RESILIENCE: HARNESSING NITROGEN-FIXING HALOBACTERIA IN LEGUME AGROECOSYSTEMS

Prabhaharan Renganathan[1,a*], Edgar Omar Rueda Puente[2]
[1]Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
[2]Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México
**Correspondence: prabhaharan06@gmail.com*
[a]Current address: Department of Bioecology and Biological Education, M. Akmullah Bashkir State Pedagogical University, 450000 Ufa, Russia (P.R)

Abstract. Soil salinity is a major limitation to crop productivity in arid regions like Sonora, Mexico. *Phaseolus acutifolius* (tepary bean), a halotolerant legume, offers promise for saline agriculture. This study evaluated two genotypes – Indio Yumi (IY) and Navojoa (NAVO) – inoculated with *Azospirillum halopraeferens* and *Bacillus amyloliquefaciens*. Seeds were treated with alginate bead formulations and grown under field salinity. Inoculated treatments showed enhanced emergence (85.0% to 97.1%), fresh weight (14.2-26.7 g plant^{-1}), root length (28.1-35.3 cm), and nitrate levels (20.9-28.0 mg mL^{-1}). Dry matter yield improved from 5800 to 6345 kg ha^{-1}. Foliage crude protein increased to 17.8%, and seed protein reached 29.0% in NAVO with *A. halopraeferens*. Seed yield rose from 890 to 1518 kg ha^{-1}. These findings underscore the biofertilizer potential of these halotolerant bacteria for improving growth, protein content, and yield of *P. acutifolius* in saline soils, contributing to sustainable crop production in dryland environments.

Keywords: *Phaseolus acutifolius*, salinity tolerance, biofertilizer, plant growth-promoting bacteria, sustainable agriculture

МИКРОБНЫЕ БИОИНОКУЛЯНТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСОЛЕНИЮ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ ГАЛОБАКТЕРИЙ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Прабхахаран Ренганатхан [1, a*], Эдгар Омар Руэда Пуэнте[2]
[1]Кафедра исследований и аспирантуры в области пищевых продуктов, Университет Соноры, Эрмосильо, Сонора, Мексика
[2]Кафедра сельского хозяйства и животноводства, Университет Соноры, Эрмосильо, Сонора, Мексика
**Корреспонденция: prabhaharan06@gmail.com*
[a]Текущий адрес: Кафедра биоэкологии и биологического образования, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 450000 УФА, Россия

Аннотация. Засоленность почвы является основным фактором, снижающим урожайность сельскохозяйственных культур в засушливых регионах, таких как Сонора, Мексика. Фазеолус остролистный (тепариевые бобы), галотолерантное бобовое растение, является перспективным для сельского хозяйства с засоленной почвой. В этом исследовании оценивались два генотипа – Индио Юми (IY) и Навохоа (NAVO), привитые *Azospirillum halopraeferens* и *Bacillus amyloliquefaciens*. Семена обрабатывали препаратами в виде альгинатных шариков и выращивали в условиях засоления почвы. Прививки показали повышенную всхожесть (с 85,0% до 97,1%), массу в свежем виде (14,2-26,7 г на одно растение), длину корней (28,1-35,3 см) и содержание нитратов (20,9-28,0 мг/мл на одно растение). Урожайность сухого вещества увеличилась с 5800 до 6345 кг/га. Содержание сырого протеина в листьях увеличилось до 17,8%, а в семенах – до 29,0% в NAVO с A. halopraeferens. Урожайность семян выросла с 890 до 1518 кг/га. Эти данные подчеркивают потенциал этих галотолерантных бактерий в качестве биоудобрений, которые улучшают рост, содержание белка и урожайность *P. acutifolius* на засоленных почвах, способствуя устойчивому росту сельскохозяйственных культур

Ключевые слова: *Phaseolus acutifolius*, устойчивость к засолению, биоудобрение, бактерии, стимулирующие рост растений, устойчивое сельское хозяйство

Introduction. Salinity is one of the most critical abiotic stressors limiting agricultural productivity, particularly in arid and semi-arid regions where freshwater scarcity accelerates soil degradation. A viable strategy to overcome this challenge involves identifying and cultivating salt-tolerant crops with both nutritional and economic value. *Phaseolus acutifolius* A. Gray (tepary bean), a legume native to the Sonoran Desert of northwestern Mexico and the southwestern United States, is known for its remarkable drought and salinity tolerance.

Used for over 5,000 years by Indigenous American communities, *P. acutifolius* is valued for its high seed protein content (21.1-32.49%), exceeding that of other *Phaseolus* species like *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus*, and *Phaseolus coccineus*. In Sonora – Mexico's driest state with an average annual rainfall of just 80 mm – conventional crops often underperform. In contrast, tepary beans can yield 200-900 kg ha^{-1}, with potential reaching 2,000 kg ha^{-1} under optimized nitrogen input.

However, *P. acutifolius*, like other legumes, requires nitrogen-rich soils, and the overuse of synthetic fertilizers raises environmental concerns. Thus, biological alternatives such as nitrogen-fixing and plant growth-promoting halobacteria (PGPH) have emerged. These microbes aid in nitrogen fixation, hormonal regulation, and salinity resilience.

This study investigates the agronomic performance of two *P. acutifolius* genotypes – Indio Yumi (IY) and Navojoa (NAVO) – inoculated with *Bacillus amyloliquefaciens* and *Azospirillum halopraeferens* under saline field conditions, aiming to assess their potential as biofertilizers in sustainable dryland agriculture.

Materials and Methods. The study was conducted in Santa Ana, Sonora, Mexico (30°32′26″N, 111°07′14″O), a semi-arid region with ~80 mm annual rainfall. Two genotypes of *P. acutifolius* – Indio Yumi (IY) and Navojoa (NAVO) – were evaluated. Seeds were disinfected with 3% sodium hypochlorite, rinsed, and viability-tested.
B. amyloliquefaciens and *A. halopraeferens* were cultured in N-free OAB medium (0.5 M NaCl), harvested at 14-16 h, and standardized to 1×10^{9} CFU mL^{-1}. Seeds were soaked in the inoculum, sown in 1 m^2 trays with sand and peat-moss, and incubated at 19 ± 3°C. After emergence, seedlings were transplanted into field plots using a completely randomized design (six treatments × five replicates × 24 plants).

Alginate beads containing bacterial strains were applied near roots at 24, 34, and 44 days post-germination [1]. Early irrigation used low-salinity water (EC 1.2 dS m^{-1}); later stages used saline water (EC 6.0 dS m^{-1}). Soil was clay loam, salt-free, and low in organic matter (0.01%). Sprinkler irrigation applied ~45 L per microplot. Nematodes (9/100 g soil) and fungi (*Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Aspergillus* spp.) were detected.

Temperature ranged from 23-40°C and relative humidity from 25-35% over the growth period. Emergence percentage was tracked over 12 days and analyzed per Maguire [2]. Five plants per treatment were assessed monthly for growth, and at flowering, for root length, fresh and dry weights. Biochemical analysis included protein (Kjeldahl), lipids [3], ash, carbohydrates [4], and fiber fractions (FDA, FDN, TND, ENI). Seed yield (g $plant^{-1}$, kg ha^{-1}) and quality parameters were evaluated on 10 plants per treatment. Data were analyzed via ANOVA and Duncan's test (p = 0.05) in SAS software.

Results and Discussion. The emergence rate of both *P. acutifolius* genotypes (Indio Yumi and NAVO) peaked between 8 and 12 days after sowing. Inoculation with *B. amyloliquefaciens* and *A. halopraeferens* significantly improved emergence percentage in the IY genotype, reaching up to 97.1% compared to 85.0% in the non-inoculated control (Table 1). This enhancement is likely associated with phytohormone production such as indole-3-acetic acid and gibberellins, as previously noted by [5].

Table 1 – Growth and yield parameters of *Phaseolus acutifolius* genotypes Indio Yumi (IY) and NAVO under different inoculation treatments

Genotype	Inoculant	Emergence (%)	Days to Flowering	Fresh Weight (g plant^{-1})	NO_3^- (mg mL^{-1} sap^{-1})	Root Length (cm)	Dry Matter (kg ha^{-1})
IY	Control	85.0 ± 3.2^{b}	40 ± 2	14.22 ± 3.5^{b}	23.5 ± 0.43^{c}	28.10 ± 0.20^{d}	5800 ± 228^{ab}
IY	*A. halopraeferens*	95.4 ± 7.6^{a}	47 ± 3	15.18 ± 3.1^{b}	28.03 ± 0.33^{a}	31.47 ± 0.20^{b}	6102 ± 145^{a}
IY	*B. amyloliquefaciens*	93.6 ± 6.0^{a}	46 ± 3	23.64 ± 4.3^{a}	24.70 ± 0.23^{b}	32.56 ± 0.20^{b}	6210 ± 178^{a}
NAVO	Control	88.2 ± 3.5^{ab}	40 ± 3	17.50 ± 3.3^{b}	20.97 ± 0.54^{e}	29.93 ± 0.10^{cd}	5945 ± 210^{ab}
NAVO	*A. halopraeferens*	97.1 ± 0.5^{a}	46 ± 3	24.33 ± 4.5^{a}	24.51 ± 0.12^{b}	35.27 ± 0.40^{a}	6298 ± 178^{a}
NAVO	*B. amyloliquefaciens*	92.4 ± 5.0^{a}	47 ± 3	26.69 ± 2.7^{a}	30.47 ± 0.20^{bc}	30.47 ± 0.20^{bc}	6345 ± 188^{a}

Note: Values are means ± SD (n=3). Different superscript letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

Inoculated plants showed delayed flowering (up to 47 days) compared to control treatments (40 days), indicating a prolonged vegetative phase conducive to biomass accumulation. Fresh weight was significantly increased in IY and NAVO genotypes inoculated with *B. amyloliquefaciens*, reaching 26.69 g plant-1. Root length also improved, especially in NAVO inoculated with *A. halopraeferens* (35.27 cm, $p < 0.05$), suggesting enhanced root development and nutrient acquisition capacity.

Nitrate concentrations in sap during flowering were significantly elevated in inoculated plants, with the highest value (28.03 mg mL-1) recorded in IY treated with *A. halopraeferens*, compared to 20.97 mg mL-1 in the control. These increases reflect better nitrogen assimilation, likely due to bacterial facilitation of nitrogen uptake or fixation.

Although dry matter differences were not statistically significant, higher numerical values were observed for NAVO inoculated with *B. amyloliquefaciens* (6345 kg ha-1) compared to the control (5800 kg ha-1), consistent with prior studies in Uniola paniculata L. [6, 7].

The foliage quality improved with inoculation. Crude protein content rose to 17.8% in NAVO + *B. amyloliquefaciens* and 17.4% in IY + *A. halopraeferens*. Other enhancements included increases in crude soluble protein (up to 49.76%), non-fibrous carbohydrates (up to 37.51%), and net energy for lactation (10.74 Mcal kg-1 MS-1). The highest crude protein yield was 1094.80 kg ha-1 for NAVO + *B. amyloliquefaciens* (Table 2).

Table 2 – Proximate composition of foliage in *Phaseolus acutifolius* genotypes (IY and NAVO) under bacterial inoculation

Genotype	Inoculant	Crude Protein (%)	Crude Soluble Protein (%)	Non-Fibrous Carbohydrates (%)	ADF (%)	NDF (%)	Net Energy for Lactation (Mcal kg^{-1} MS^{-1})	Crude Protein Yield (kg ha^{-1})
IY	Control	15.4 ± 1.2^{b}	43.09 ± 0.0^{c}	34.23 ± 2.3^{a}	45.38 ± 0.2^{d}	18.10 ± 0.2^{d}	6.23 ± 0.1^{d}	947.0 ± 9.2^{b}
IY	*A. halopraeferens*	17.4 ± 0.6^{a}	46.79 ± 0.0^{a}	37.51 ± 3.2^{a}	44.40 ± 0.1^{c}	17.10 ± 0.5^{a}	9.38 ± 0.0^{b}	1070.2 ± 25.2^{a}
IY	*B. amyloliquefaciens*	16.6 ± 0.7^{ab}	45.55 ± 0.0^{b}	35.19 ± 4.2^{a}	45.77 ± 0.0^{b}	21.47 ± 0.2^{b}	7.73 ± 0.1^{c}	1021.0 ± 18.2^{a}
NAVO	Control	15.6 ± 0.5^{b}	47.57 ± 0.0^{c}	33.65 ± 3.1^{a}	46.47 ± 0.2^{d}	19.93 ± 0.1^{d}	6.23 ± 0.1^{d}	959.5 ± 12.2^{b}
NAVO	*A. halopraeferens*	17.8 ± 0.5^{a}	49.76 ± 0.1^{a}	34.34 ± 4.1^{a}	49.75 ± 0.0^{a}	22.27 ± 0.4^{a}	10.74 ± 0.1^{a}	1051.8 ± 33.2^{a}
NAVO	*B. amyloliquefaciens*	17.1 ± 0.5^{a}	48.87 ± 0.0^{b}	34.34 ± 4.1^{a}	48.87 ± 0.0^{b}	22.47 ± 0.2^{a}	9.47 ± 0.1^{b}	1094.8 ± 35.2^{a}

ADF = Acid Detergent Fiber; NDF = Neutral Detergent Fiber. Superscript letters denote statistical differences ($p < 0.05$).

In terms of seed composition, both inoculants significantly increased crude protein (29.0%), crude oil (1.8%), and ash content (25.4%) in the NAVO genotype. Seed yield was highest for IY + *A. halopraeferens*, reaching 1518 kg ha^{-1}, with a corresponding 100-seed weight of 18.9 g (Table 3). Moisture and total starch contents remained relatively stable across treatments.

Table 3 – Proximate composition of seeds in *Phaseolus acutifolius* genotypes (IY and NAVO) under inoculation treatments

Genotype	Inoculant	Crude Oil (%)	Crude Protein (%)	Ashes (%)	Total Starch (%)	Moisture (%)	100-Seed Weight (g)	Seed Yield (kg ha^{-1})
IY	Control	1.08 ± 0.04^{b}	22.3 ± 0.1^{c}	20.1 ± 0.1^{d}	58.0 ± 0.08	9.01 ± 0.12^{a}	13.5 ± 0.8^{cd}	978 ± 13.4^{c}
IY	*A. halopraeferens*	1.3 ± 0.02^{a}	22.03 ± 0.1^{d}	21.6 ± 0.1^{e}	60.09 ± 0.04	9.11 ± 0.14^{a}	18.9 ± 0.5^{a}	1518 ± 10.8^{a}
IY	*B. amyloliquefaciens*	1.4 ± 0.06^{a}	23.1 ± 0.1^{b}	24.5 ± 0.1^{b}	60.06 ± 0.10	10.01 ± 0.22^{a}	17.9 ± 0.3^{b}	1430 ± 9.0^{b}
NAVO	Control	1.07 ±	21.6 ±	21.6	60.00	9.13 ±	14.3 ±	890 ±

		0.07[b]	0.1[c]	± 0.7[e]	± 0.03	0.11[a]	0.7[c]	17.0[d]
NAVO	*A. halopraeferens*	1.7 ± 0.03[a]	25.4 ± 0.1[a]	25.4 ± 0.1[a]	60.04 ± 0.05	9.04 ± 0.10[a]	18.7 ± 0.2[a]	1438 ± 18.1[b]
NAVO	*B. amyloliquefaciens*	1.8 ± 0.05[a]	24.5 ± 0.1[b]	24.5 ± 0.1[b]	59.05 ± 0.08	8.81 ± 0.12[a]	18.8 ± 0.5[a]	1433 ± 14.4[b]

Protein: micro-Kjeldahl (% N × 6.25); Ash: dry combustion at 500 ºC for 24 h. Superscripts indicate statistical significance ($p < 0.05$).

These findings support the hypothesis that *P. acutifolius* benefits from plant growth-promoting halobacteria, particularly under saline field conditions. The stimulatory effects on biomass, nitrate assimilation, protein synthesis, and yield performance indicate potential applications of these bioinoculants in dryland agriculture.

Conclusions

This study demonstrated, for the first time, the biofertilizer potential of *B. amyloliquefaciens* and *A. halopraeferens* in the rhizosphere of P. acutifolius under saline field conditions. Both bacterial strains promoted significant increases in emergence percentage, nitrate uptake, root development, biomass, and yield components. The findings suggest that integrating such beneficial microorganisms into cropping systems could enhance the resilience and productivity of tepary bean cultivation in arid and semi-arid regions. Continued research under diverse field environments is recommended to validate the scalability and reproducibility of these results in farmer-managed systems.

REFERENCES

1. Carrillo A, Puente M, Castellanos T, Bashan Y. Aplicaciones Biotecnológicas de Ecología Microbiana. In: Bashan Y, editor. Manual de Laboratorio. Santa Fe de Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana and Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR); 1998.
2. Maguire JD. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 1962;2:176–7.
3. Barnes H, Blackstock J. Estimation of lipids in marine animal tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for total lipids. J Exp Mar Biol Ecol. 1973;12:103–18.
4. Sato N, Murata N. Membrane lipids. Methods Enzymol. 1988;167:251–9.
5. Blackmar A, Mallarino A. Physiological production stage prepared by research agronomists. In: Bredha J, Kreme R, editors. Proyecto Agricultura de Precisión Manfredi. Ames (IA): Dept. of Agronomy, Iowa State University; 1996.
6. Will M, Sylvia D. Interaction of rhizosphere bacteria, fertilizer, and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi with sea oats. Appl Environ Microbiol. 1990;56:2071–9.
7. Designing microbial binary cultures based on blue-green algae (cyanobacteria) *Nostc* palusodum Kutz / E. M. Pankratova, R. J. Zyablykh, A. A. Kalinin [et al.] // International Journal on Algae. 2004. Vol. 6, No. 4. P. 290-304.

УДК 633.529.3

ВОДОРОСЛЬ ХЛОРЕЛЛА – ЦЕННЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ ОТРАСЛИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Ренгартен Г. А.
Вятский государственный агротехнологический университет,
rengarten.g@gmail.com

Аннотация. В статье приведена ценность микроводоросли хлореллы для сельского хозяйства. Показаны ее преимущества и показаны варианты использования на различных культурах, срок обработки и нормы использования.

Ключевые слова: водоросль, хлорелла, суспензия, стимулятор роста

Хлорелла (от греч. χλωρός, «зелёный» и лат. ella уменьшительный суффикс) – род одноклеточных зелёных водорослей, относимый к отделу Chlorophyta, имеет сферическую форму, от 2 до 10 мкм.

Культуральная среда хлореллы содержит широкую гамму физиологически активных веществ, среди которых индольные (ауксины) и фенольные соединения, стероиды, витамины, гиббереллиноподобные вещества, а также соединения с цитокининовой активностью. Гибберелины и ауксины являются регуляторами роста и развития растений, влияя на фитогормоны растений, к тому же в присутствии последних наиболее полно реализуется способность цитокининов активизировать процесс клеточного деления. Хлорелла в сельском хозяйстве – это 100% органический высокоэффективный природный биостимулятор роста растений, ускоряющий корнеобразование, рост, развитие и цветение. Улучшает их внешний вид, сокращает время и затраты на уход за комнатными/офисными растениями. Хлорелла повышает собственный иммунитет растений, антистрессовую устойчивость растений при неблагоприятных внешних воздействиях, включая засуху, акклиматизацию, пересадку. Хлорелла не оказывает вредного воздействия на человека, животных и окружающую среду, способствует улучшению экологической обстановки. Хлорелла помогает снизить расходы на традиционные агропрепараты, в том числе на удобрения, благодаря заметному сокращению вымывания их из почвы. Хлорелла активно синтезирует природный антибиотик «хлореллин», который уничтожает патогенные микроорганизмы, водоросли и бактерии, оказавшиеся в питательном растворе. Микробы, имеющие паратрофный тип питания (патогены), в высококонцентрированной живой биомассе хлореллы погибают [1].

Преимущества использования хлореллы - экологическая чистота. В отличие от химических средств, хлорелла не содержит вредных веществ и не загрязняет окружающую среду. Безопасность для здоровья. Хлорелла является натуральным и безопасным решением. Она не вызывает аллергических реакций и не раздражает кожу и слизистые оболочки. Эффективность – хлорелла повышает собственный иммунитет растений, антистрессовую устойчивость растений при неблагоприятных внешних воздействиях, включая засуху, акклиматизацию,

пересадку. Экономичность – использование хлореллы позволяет сэкономить на затратах на химические средства и улучшает экономическую эффективность [2, 3].

На сегодняшний момент коммерческим производством, микроводорослей хлореллы занимаются более чем в 60 странах, а в таких странах, как США, Мексика, Тайланд, Китай, Япония. Во всем мире ежегодно получают 30 тысяч тонн сухого веса всей биомассы хлореллы.

Несмотря на свою крошечность, клетка хлореллы отлично защищена от внешней среды и патогенов трехуровневой оболочкой. Именно эта оболочка очищает хлореллу от токсинов. Более того, микроводоросль неприхотлива, и способна выживать в различных условиях, включая пресную и морскую воду, древесную кору и влажную почву. Она также может интенсивно размножаться практически в любых условиях, в том числе на землях, непригодных для сельского хозяйства, что делает хлореллу особенно ценной. Если провести обезвоживание хлореллы, то в ее составе останется лишь 45% белка, 20% жира, 20% углеводов, 5% клетчатки, а также 10% витаминов (включая бетакаротин, витамины Е и С, а также группу В) и минералов (таких как марганец, медь, кобальт, железо, цинк, молибден, кальций, йод, магний, германий и другие). Белок в хлорелле является дважды более питательным, чем соевый белок, а также превосходит растительные кормовые белки. Этот морской продукт содержит более 40 аминокислот, включая все необходимые организму, такие как гамма-аминомасляная и глютаминовая кислоты, аланин, аспарагиновая кислота, цистин, глицин, тирозин, серин, пролин и β-аланин. Уже в начале XX века хлореллу стали выращивать именно из-за ее ценного протеина.

Первый патент на использование хлореллы в качестве стимулятора роста был зарегистрирован в 1982 году. После этого наступил некоторый период затишья до 2000-х годов. Однако настоящий ажиотаж по поводу хлореллы начался в 2015 году, когда было зарегистрировано множество патентов в Европе, США и Китае. Они касались использования хлореллы в растениеводстве как стимулятора роста корней и побегов растений, биоудобрений, биологического средства защиты от болезней и сорняков, а также способа повышения послеуборочного качества культур. На сегодняшний день уже зарегистрировано примерно семьсот патентов на использование хлореллы в растениеводстве. Хлореллу применяют в виде суспензии, которая повышает плодородие почвы, улучшает всхожесть и силу прорастания семян, активизирует развитие и рост культур, а также укрепляет иммунитет растений.

Исследования показали, что суспензия микроводоросли *Chlorella vulgaris* обладает высокой продуктивностью, и её применение в сочетании с органическими удобрениями позволяет повысить засухоустойчивость плодородного слоя, обеспечить стрессоустойчивость растений к природным катаклизмам (засухе, заморозкам, излишней влаге) [4-6].

Предпосевная обработка семян суспензией хлореллы резко повышает их всхожесть, силу и энергию роста всходов, устойчивость растений к природным факторам и повышает урожайность культур на 15-20%. Суспензия хлореллы

обогащает почву органическими веществами, улучшающими ее структуру, стимулирует рост полезных почвенных микроорганизмов, способствует накоплению гумусовых веществ, повышает подвижность микроэлементов и содержание свободных аминокислот, улучшает ферментативную активность почвы и коэффициент использования азотных удобрений, утилизирует окислы тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды, сокращает расход воды для полива, снижает заболеваемость растений. Введение суспензии хлореллы в почву ускоряет сроки созревания на 7-10 дней, способствует повышению урожайности. Отмечено, что внесение суспензии хлореллы в почву способствует увеличению количества полезных микроорганизмов до 400 млн клеток и более в 1 гр. гумуса.

Полный курс применения суспензии хлореллы включает в себя 3 этапа:

1) опрыскивание почвы;

2) замачивание семян или рассады;

3) полив и опрыскивание растения.

Замачивание семян в суспензии хлореллы увеличивает их всхожесть (до 99%), а также приживаемость рассады и скорость ее роста на 20-50% [8].

Сроки обработки семян представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сроки замачивания разных растительных объектов [8]

Культура	Время замачивания /час	Примечания
1	2	3
Культуры с семенами в тонкой оболочке (огурцы, капуста, томаты и др.)	5-7	-
Бобовые культуры и семена культур с толстой оболочкой	15-20	
Зерновые культуры	10-12	Разбавить водой 1/4
Рассада	40-50	
Черенки для прививки	10-15	
Черенки для размножения	до образования корней	

Семена замачиваются непосредственно перед их посевом на поля. Суспензия хлореллы для замачивания должна быть теплой 15-25°С. Замачивание желательно производить при непосредственном солнечном освещении. Подкормка растений может производиться через полив почвы вокруг растений, опрыскиванием растений по листу до увлажнения почвы под растениями, ввод суспензии в системы капиллярного полива растений.

Обработка растений при борьбе с вирусными и грибковыми заболеваниями суспензией хлореллы производится опрыскиванием по листу. Её необходимо производить один раз в неделю до устранения заболевания. В целях профилактики возможных заболеваний целесообразно раз в месяц производить опрыскивание растений раствором суспензии хлореллы из расчета 1/3 - 1/4 [5, 6].

Как показали исследования применение суспензии хлореллы при обработке посевного материала очень простое и высокоэффективное. В результате проведённой работы можно сделать следующие выводы:

Таблица 2 – Нормы потребления суспензии хлорелла для подкормки [8]

Назначение	Количество хлореллы
1	2
Для опрыскивания	1 л на 50 л воды (200 мл на 10 л воды)
Для частного полива	1 л на 10-15 л воды (200 мл на 2-3 л воды)
Для редкого	1 л на 5 л воды (200 мл на 1 л воды)
Для больных растений неудобренной почвой	Хлорелла без разбавления водой в количестве, как для обычного полива

– суспензию хлореллы целесообразно использовать в качестве биостимулятора роста растений. Замачивание семян, внесение в почву, а также опрыскивание растений в фазе вегетации положительно влияют на агрохимические и агрофизические свойства и способствуют повышению плодородия почвы; – применение суспензии хлореллы позволяет отказаться от использования химических препаратов по многим направлениям сельского хозяйства и обеспечить производство экологически чистых продуктов питания при повышении рентабельности хозяйств и сохранении природы;

– применение суспензии хлореллы для полива позволяет сократить расход воды за счёт способности влагоудержания и структурирования почвенной среды, а значит, экономии водных ресурсов и их рационального использования в засушливых районах области [6-8].

Таким образом, использование суспензии хлореллы в хозяйствах по выращиванию сельскохозяйственных овощных культур позволит обеспечить повышение продуктивности, сохранности и увеличить выход готовой продукции, ценной по питательным свойствам и экологически безопасной для здоровья людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коновалов, Б. Хлорелла – космическая водоросль / Б. Коновалов // Химия и жизнь. – 1968. – № 8. – С. 8-11.
2. Мачнева, Н. Л. Перспективы использования хлореллы в сельском хозяйстве / Н. Л. Мачнева // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : материалы III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2009. – С. 225.
3. Поповский, А. Д. Повесть о хлорелле / А. Д. Поповский. – Москва : Советская Россия, 1963.
4. О формах азотного питания хлореллы в условиях непрерывного культивирования / И. И. Гительзон, И. А. Терсков, Б. Г. Ковров [и др.] // Управляемое культивирование микроводорослей. – Москва : Наука, 1964. – С. 47-55.
5. Музафаров, А. М. Культивирование и применение микроводорослей / А. М. Музафаров, Т. Т. Таубаев. – Ташкент : Фан, 1984. – 133 с.
6. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное

развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров, 2020. – Ч. 1. – С. 22-39.
7. Пиневич, В. В. Культивирование протококковых водорослей в установках под открытым небом / В. В. Пиневич // Вестник Ленинградского университета. Серия Биология. – 1963. – № 15. – С. 75-79.
8. Гундарева, Ю. А. Суспензия *Chlorella vulgaris* - природный стимулятор развития растений / Ю. А. Гундарева, Е. Н. Галахова // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития : материалы V Международной научно-практической конференции. – Чебоксары : Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2018. – С. 11-13.

УДК 502/504.05(470.311)

ДЕГРАДАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ренгартен Г. А.
Вятский государственный агротехнологический университет,
rengarten.g@gmail.com

Аннотация. Современные экологические проблемы – следствие деятельности человека и эти проблемы человека стали проблемами природы. Природа, сама по себе, не знает и не может иметь экологических проблем в их сегодняшнем состоянии. В настоящее время мы уже видим, что региональные экологические проблемы представляют собой отголоски глобальных. Одним из важнейших последствий негативного воздействия жизнедеятельности человека на биосферу является разрушение, приводящее к деградации, естественных экосистем. Разрушение естественных ландшафтных комплексов и естественных экосистем нанесло удар по биоразнообразию живых существ, часть которых уже исчезла с лица Земли, а часть находится на грани вымирания.

Ключевые слова: деградация, утилизация отходов, экология, детоксикация, экосистема

Кировская область является достаточно экономически развитым субъектом России. Промышленность оказывает негативное воздействие на экологическую ситуацию во многих районах области. Из-за промышленных предприятий экологическая ситуация в этом регионе неблагоприятная. Все районы, в том числе и центр, загрязнены и страдают от отходов промышленного производства [1, 2].

Основные проблемы окружающей среды области являются: Крупнейшие загрязнители атмосферного воздуха предприятия энергетического комплекса (27 %), химическая и нефтехимическая промышленность (5,3 %), транспорт (37 %).

Основными загрязняющими веществами являются оксид углерода, пыль, формальдегид. В среднем за год в атмосферу от стационарных источников

выбрасывается 64 тыс. тонн загрязняющих веществ, что соответствует 695 тоннам на км² или 204 килограммам на человека.

По качеству атмосферного воздуха наиболее проблемным является Юго-Западный район, от жителей которого поступает больше всего жалоб на появление неприятного запаха в районе БиоХим завода, при этом при проведении анализа проб воздуха каких-либо нарушений не фиксируют.

Экологическое состояние городских парковых почв в целом удовлетворительное. Анализ почвы, отобранной в сквере 60-летия СССР, парке имени С. М. Кирова и парке им. 50-летия ВЛКСМ, показал преобладание сульфат - ионов и хлорид-ионов среди анионов, а также ионов кальция среди катионов.

Вода в наиболее крупном источнике водоснабжения – реке Вятке – не соответствует существующим нормам и показателям. Это связано с тем, что выше по течению находятся крупные населённые пункты – источники сточных вод. К отметке Кировского водозабора сбрасывается 45 % всех сточных вод области. Крупнейший загрязнитель – Кирово-Чепецкий химический комбинат, сбрасывающий отходы во второй полосе водоохранной зоны Кировского водозабора. Для решения этой проблемы была разработана региональная программа «Внеплощадочные системы водоснабжения г. Кирова», в рамках которой с 2002 года в слободе Корчёмкино возводится новый водозаборный комплекс с современными системами очистки воды.

В качестве альтернативного источника рассматривается линза подземных артезианских вод Кумёнского района области. Данный источник также находится под угрозой загрязнения, так как в находящемся рядом Кирово-Чепецком химическом комбинате применяется технология шлакового захоронения отходов, каждый час на глубину полутора километров закачивается до 20 м³ токсичных отходов

Потенциальную опасность представлял находящийся на расстоянии 90 км от города Марадыковский химический арсенал, в котором (на 2006 год) хранилось 17,4 % запасов химического оружия России, включая боеприпасы с отравляющими веществами последних поколений – зарином, зоманом, VX газами, иприто-люизитными смесями. В 2006 году при арсенале был открыт завод по утилизации химического оружия, которая должна была завершиться к 2012 году. На данный момент уничтожение химического оружия завершилось и официальное закрытие арсенала состоялось осенью 2015 года.

В Кирове расположен научно-исследовательский институт микробиологии Министерства обороны РФ, разрабатывающий средства защиты от наступательного биологического вооружения. Специфика института подразумевает работу с особо опасными вирусными штаммами, создающими угрозу заражения городской территории.

Остро стоит проблема утилизации отходов. Крупнейшей свалкой твёрдых бытовых отходов Кирова является переполненный Костинский полигон. Из-за этого развивается проблема несанкционированных свалок. В городе действует предприятие по утилизации опасных промышленных отходов «Куприт», основным акционером которого является Администрация города Кирова. 14 млн

тонн промышленных отходов Кирово-Чепецкого химического комбината, включая 12 млн тонн 3-го и 4-го класса опасности, хранятся в водоохранной зоне Кировского водозабора.

В целом по Кировской области проблема очистки сточных вод и поверхностных стоков не решена. Необходима реконструкция и модернизация очистных сооружений. В связи с загрязнением поверхностных водотоков, а также не урегулированной застройкой водоохранных зон водохранилищ, являющихся источниками водоснабжения города Кирова, воды характеризуются в основном как «загрязненные», а по отдельным водохранилищам как «грязные», что предопределяет необходимость увеличения затрат на водоподготовку. Качество воды в водоемах, используемых для рекреационных целей, ухудшается из-за отсутствия на многих очистных сооружениях системы обеззараживания сточных вод и захламления прибрежной полосы, в том числе самими отдыхающими [3-8].

В настоящий период основным источником загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт. Повышенная концентрация тяжелых металлов в землях сельхозназначения наблюдается, прежде всего, в тех административных районах, которые расположены в непосредственной близости от столичного мегаполиса и характеризуются развитой промышленностью [3].

Загрязнения поступают в почву вместе с дождями и снегом, со стоком вод со свалок, складов и производств, из-за привозных некачественных и ядовитых удобрений, стройматериалов. В целом по Кировской области количество и объемы несанкционированных свалок мусора последовательно уменьшались, не возобновляются объемные свалки вдоль автомобильных дорог и на территориях большинства поселений Кировской области [1].

Но имеются проблемные вопросы, которые способствуют образованию новых несанкционированных свалок и навалов мусора. Например, большое количество несанкционированных свалок и навалов мусора находится на землях сельскохозяйственного назначения, в заброшенных сельскохозяйственных строениях. Зачастую владельцев этих земель трудно найти, предприятия находятся в стадии банкротства или иных организационных преобразований. Почвенный покров принимает на себя поток промышленных и коммунальных выбросов и отходов, выполняя при этом роль буфера и детоксиканта [9-11]. Почва аккумулирует различные химические загрязняющие вещества, предупреждая тем самым их поступление в природные воды и очищая от них атмосферный воздух. Однако природа отвечает на возрастающее воздействие зачастую непредвиденными изменениями, создающими все новые проблемы и экологическую опасность. Масштабы воздействия человека на природу в XXI веке приблизились к порогу устойчивости биосферы, а по некоторым параметрам превзошли его. В результате и возникли экологические проблемы, которые носят как глобальный характер, так региональный и локальный.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королёв, М. Г. Состояние Вятской природы / М. Г. Королёв // Энциклопедия земли Вятской: в 10 т. – Киров, 1997. – Т. 7: Природа. – С. 583-589.
2. Шаламов, Г. Е. Среда, которой мы себя окружаем / Г. Е. Шаламов, В. Е. Стародубцев // Энциклопедия земли Вятской: в 10 т. – Киров, 1997. – Т. 7: Природа. – С. 589-593.
3. Скугорева, С. Г. Комплексный подход в оценке экологического состояния городских парковых почв / С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина // Юг России: экология, развитие. – 2023. – Т. 18, № 2 (67). – С. 102-112.
4. Устойчивость микробных комплексов почвы к антропогенным факторам среды / Л. И. Домрачева, Т. Я. Ашихмина, Л. В. Кондакова [и др.] ; Институт биологии ФИЦ Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук; Вятский государственный университет. – Сыктывкар : Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2019. – 254 с.
5. Комплексный подход в оценке экологического состояния городских почв / С. Г. Скугорева, Т. И. Кутявина, С. Ю. Огородникова [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 3. – С. 57-65.
6. Использование отработанного активного ила для очистки сточных вод, загрязнённых тяжёлыми металлами / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, Т. Я. Ашихмина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 4. – С. 176-184.
7. Специфика растительно-микробных комплексов при антропогенном загрязнении почвы (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 14-25.
8. Биоремедиация техногенно деградированных земель после завершения специальной военной операции на территории новых субъектов Российской Федерации / Т. Я. Ашихмина, Л. И. Домрачева, И. П. Погорельский [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 2. – С. 209-217.
9. Скугорева, С. Г. Оценка эффективности сорбции ионов свинца (II) с помощью моделей кинетики и изотермы сорбции / С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор, Л. И. Домрачева // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 44-51.
10. Антагонистическая и сорбционная активность моно-, бинарных и трёхвидовых биоплёнок почвенных цианобактерий / А. И. Фокина, С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 3. – С. 119-125.
11. Сравнительный анализ эффективности использования сорбентов различной природы по отношению к ионам меди (II) / С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор, Л. И. Домрачева, Т. И. Кутявина // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 3. – С. 12-18.

УДК 582.394

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАПОРОТНИКА АЗОЛЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

Ренгартен Г. А.
Вятский государственный агротехнологический университет,
rengarten.g@gmail.com

Аннотация. Азолла считается миниатюрным водным растением, которое наряду с быстрым темпом размножения и высоким содержанием белка вправе может считаться эффективной кормовой добавкой в рационе питания как мелкого, так и крупного домашнего скота. Кроме того, это растение используется как эффективное биоудобрение, повышающее урожайность с.-х растений и положительно влияющее на почву.

Ключевые слова: водоросль, азолла, азотфиксация, протеин, биоудобрение

В настоящее время для выращивания многих кормовых культур и растений требуется значительное количество земель и воды. В большинстве предприятий сельского хозяйства наблюдается нехватка базы кормов для скота, что не только приводит к снижению поголовья, но и оказывает влияние на их производительность, что в итоге приводит к сокращению объемов продукции [1-3].

Использование Азоллы в кормлении животных улучшает их продуктивность и сокращает расходы на кормление.

Возможно, что за счет хороших питательных свойств кормов через добавление в рационы кормов высокодействующих добавок возможно увеличить объемы продукции животноводства за счет сокращения потребления пастбищ и воды для скота и увеличения производства молока. Одной из таких высокоэффективных добавок является Азолла. Она может служить как потенциальный и качественный корм для переработки питательных материалов в кормах сельскохозяйственных, животноводческих, рыболовных и водных отраслях, что в итоге снижает издержки производства и увеличивает доходы фермерских хозяйств.

Как биологическое удобрение, Азолла обогащает почву питательными веществами (азотом, фосфором и калием), углеродом и органическими веществами, улучшая физико-химические свойства почвы. В отличие от традиционных удобрений, способствует сохранению почвенной влаги и предотвращает рост сорняков на лугах и огородах [4].

Сегодня хочется немного поговорить об одном малоизвестном нам растении. Речь пойдет о плавающем папоротнике – Азолла. Это папоротник, образует очень красивые, плавающие на поверхности воды зеленые островки.

Чаще всего азоллу используют как декоративное растение для аквариумов, прудов и других водоемов, она является хорошим укрытием для мальков и креветок, так же стабильно обогащает воду кислородом. Существует даже теория

что из-за своей феноменальной способности к поглощению атмосферного углерода (6 тонн за год/га), этот маленький папоротник стал причиной ледникового периода. Познакомимся с одним из видов этого удивительного папоротника – азолла каролинская.

Азолла каролинская относится к плавающим растениям. На поверхности воды оно образует красивые бархатные островки зелёного цвета. Растение нежное и требует бережного обращения. Длина побегов не превышает 3 см. Настоящие корни отсутствуют. Эти листочки имеют сложное строение. Нижняя часть, находящаяся в воде, тонкая и выполняет функцию всасывания минеральных веществ. Верхняя, более крупная, ответственна за процесс фотосинтеза. Также на подводной части листа располагаются органы размножения – сорусы со спорангиями. Размножается она летом настолько быстро, что за несколько недель может покрыть всю доступную ей поверхность. Размножение азоллы каролинской возможно двумя способами. В период активной вегетации (весна-лето) проще всего отделить от материнского куста небольшой участок и поселить его на новом месте, постепенно он начнет разрастаться. Второй способ – размножение спорами. В сорусах на нижней стороне листа располагаются спорангии. В природе с приходом зимы листья азоллы отмирают и опускаются на дно, а в теплое время года споры всплывают на поверхность и образуют новые побеги.

Помимо декоративного назначения, водяной папоротник имеет ряд практических применений. В сельском хозяйстве растение используют как азотное удобрение для полей (согласно проведенным исследованиям при использовании азоллы в качестве биоудобрения резко повышается урожайность, например, томатов на 40 процентов, а риса на 25-40). Используется в качестве пищи для свиней и уток, кроликов, для крупного рогатого скота, для рыбы и птицы. Азолла содержит 24-28% протеина, 7-11% аминокислот, витамины (бета-каротин, витамин А, витамин В12), минералы (кальций, калий, фосфор, железо, магний и другие) и антиоксиданты. В некоторых странах азоллу едят в поджаренном виде, в Африке иногда она входит в состав мыла, а в Новой Зеландии используется как лечебное средство от ангины. При выращивании Азоллы в стоячих сточных водах, происходит обогащаются кислородом, водоемы очищаются от органических и минеральных веществ, тяжелых металлов и даже патогенных микроорганизмов. Очищенная вода может использоваться повторно на технические цели. При этом в биомассе Азоллы не обнаруживаются пестициды или патогенная микрофлора. Биомасса Азоллы, использованная для очистки сточных вод, может быть использована для получения биотоплива, бумаги и даже спирта

Искусственное расселение Азоллы каролинской привело к тому, что она стала инвазивным видом во многих регионах планеты, особенно тех, где распространено рисоводство (Китай, Индия, Таиланд и др.). Она может значительно изменить биологическое разнообразие и водные экосистемы [5].

Азолла легко усваивается (из-за высокого содержания протеина и низкого содержания лигнина), повышает питательность корма и увеличивает среднесуточную прибыль и производство молока животных на 15-18%. Из-за

высокого содержания питательных веществ Азолла может использоваться в рационе животных как средство, составляющее до 15% концентрированной добавки к корму для скота. При замене 25% отрубей корма концентрированной добавкой с 20-30% высушенной Азоллой среднесуточная прибыль животных увеличится до 58 %.

Добавление 10% Азоллы в корм коров приводит к двукратному увеличению веса при полутерапевтическом содержании, а также снижает стоимость корма на 22% при контролируемом кормлении без негативного влияния на его питательность. Добавление в рацион коров Азоллы на 16 % увеличивает среднесуточную прибыль, а производство молока на 20%.

Кроме того, Азолла в дозе 0,5 кг/голову в сутки, удешевляет на 15-20% стоимость рыночных кормов.

Известно, что водные папоротники часто вступают в симбиоз с цианобактериями (ЦБ) и другими микроорганизмами [6-9]. Замечательной особенностью папоротника Азолла является симбиоз этого растения с ЦБ Анабеной азоллы (*Anabaena azollae*), из семейства *Nostocaceae*. На азотфиксирующей способности Азоллы основано использование её в Японии, Китае и Юго-восточной Азии в качестве зеленого удобрения для рисовых полей. Симбиоз Азолла-анабена способен давать до 250 кг азота с 1 гектара. Симбиоз происходит на всех стадиях развития папоротника [10-12].

Азолла может расти в воде с широким диапазоном pH (4,5-10), однако наибольшая продуктивность биомассы происходит при pH 7,0-7,5, а максимальная азотфиксация – при 6,0-6,5.

Оптимальной температурой для роста Азоллы является +20 +25°С. При температуре выше 35°С наблюдается заметное угнетение роста Азоллы.

Азолла относится к теневыносливым культурам и поэтому затенение его рисом практически не сказывается на интенсивности его роста [3].

Показано, что Азолла каролинская хорошо растет на среде без добавления связанного азота. Лучший рост Азоллы наблюдается на органоминеральной среде. Среднесуточный прирост сухой биомассы на среде Кнопа составляет 41,5 г/м^2 и на органоминеральной среде 54,8 г/м^2.

Так, оптимальной плотностью маточной культуры Азоллы каролинской является 300 г сырой массы на м^2 водной поверхности. При низкой (200 г/м^2) или высокой (500 г/м^2) плотности маточной культуры Азоллы каролинской её рост замедляется и продуктивность снижается.

Средняя освещенность 50-60 тысячи люкс с фотопериодом 16 ч день и 8 ч темнотой способствует высокому суточному приросту биомассы Азоллы по сравнению с высокой освещенности (90-100 тысячи люкс).

При высокой интенсивности света растения Азоллы становятся коричневыми и рост прекращается.

Такие изменения окраски Азоллы каролинской в природных условиях республики можно наблюдать в середине лета. Затенение Азоллы летом благоприятно влияет на её рост.

При создании необходимых условий (питательная среда, освещенность 30-60 тысяч люксов, температура 25-30°С) Азолла каролинская размножается интенсивно и накапливает большую биомассу.

Способность к накоплению азота у Азоллы намного выше, чем у других высших растений, симбиотирующих с микроорганизмами- азотфиксаторами. За год Азолла может продуцировать до 28-30 т/га сухой растительной массы. При этом эффективность азотфиксации достигает 1000-1400 кг азота на 1 га. Приводятся данные, что Азолла ежесуточно способен связывать около 4,5 г азота на 1 кг сухой массы. В Индии при раздельном способе выращивания Азоллу вначале выращивают в небольших бассейнах. В воду вносят суперфосфат, коровий навоз и пестициды. С бассейна площадью 10 $м^2$ собирают около 10 кг биомассы, что достаточно для удобрения 0,1 га почвы. Папоротник равномерно распределяют в чеках, залитых слоем воды в 3-5 см, и оставляют на 20 дней для разрастания. Количество биомассы к концу срока выращивания достигает 10 т/га, в ней содержится 20-25 кг/га азота. Воду сливают, папоротник запахивают и через неделю высаживают рис. По данным бразильских ученых, накапливаемый Азоллой азот позволяет получить урожай риса до 7,0-8,0 т/га и экономить 60 кг/га минеральных азотных удобрений. По расчетам консультантов ФАО по проблеме использования Азоллы в странах рисосеяния, выращивание Азоллы даже на 10% всей площади затопляемого риса (около 5,2 млн га) может обеспечить дополнительно 208 млн кг биологического азота и дополнительный сбор зерна в 2,5 млн. т, которого хватит, чтобы прокормить 15 млн чел. ежегодно [5, 10-12].

Таким образом, биомассу Азоллы сушат, фасуют и используют либо как удобрение, либо как питательный корм. Такой корм отличается полным набором незаменимых аминокислот, богат липидами, углеводами, витаминами группы В, каротином и другими биологически активными веществами. Многочисленные данные свидетельствуют, что Азолла каролинская способна фиксировать молекулярный азот, перспективна в качестве зеленого удобрения и ценной добавкой в корма животным, а также для очистки сточных вод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sanginga N., Van Hove C. Amino acid composition of Azolla as affected by strains and population density. Plant soil. – 1989. – P. 263-267
2. Permanent Growth on a Stony Substrate / T. Ya. Ashikhmina, L. I. Domracheva, A. I. Korotkikh [et al.] // Biology Bulletin. – 2025. – Vol. 52, No. 5. – P. 1-6.
3. Многолетние разрастания на каменистом субстрате / Т. Я. Ашихмина, Л. И. Домрачева, А. И. Коротких [и др.] // Поволжский экологический журнал. – 2024. – № 4. – С. 399-409.
4. Lumpkin T.A., Plucknett D.L. Azollaas a green manure use and management in crop production // Boulder (Col.): Westview press, (Westview Trop. Agr.Ser.; № 5). 1982. 130 p.
5. Sharma N.K., Joshi M., Sharma S.K. Efect of feeding green Azolla (*Azolla pinnata*) on growth performance in Sirohi male Kids. Int J Livest Res 11(4). 2021. P. 56-62.

6. Домрачева, Л. И. Цианобактерии как центры экологических кластеров в почвенных микробоценозах / Л. И. Домрачева, А. Н. Третьякова, Л. В. Трефилова // Материалы научной сессии, Киров, 14–15 ноября 2001 года / Кировский филиал Академии Естествознания РФ, Вятское региональное отделение Российской Академии естественных наук. – Киров : Кировское областное Бюро медицинской статистики и информатики, 2001. – С. 159-160.
7. Designing microbial binary cultures based on blue-green algae (cyanobacteria) *Nostoc palusodum* Kutz / E. M. Pankratova, R. J. Zyablykh, A. A. Kalinin [et al.] // International Journal on Algae. – 2004. – Vol. 6, No. 4. – P. 290-304.
8. Панкратова, Е. М. Симбиоз как основа существования цианобактерий в природных условиях / Е. М. Панкратова, Л. В. Трефилова // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – № 1. – С. 4-14.
9. Роль цианобактерий в антропогенно-преобразованных почвах / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, Е. А. Горностаева, А. И. Фокина // Цианопрокариоты (цианобактерии): систематика, экология, распространение : Тезисы докладов Международной научной школы-конференции, Апатиты, 05–09 сентября 2016 года. – Апатиты : ООО "КаэМ", 2016. – С. 56-58.
10. Sihag S., Sihag S.Z., Kumar S., Singh N. Efect of feeding Azolla (*Azolla pinnata*) based total mixed ration on growth performance and nutrientsutilization in goats. Forage Res 43. 2018. P. 314-318.
11. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 55.
12. Ростстимулирующая активность листоватых лишайников / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, С. Ю. Огородникова [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 1. – С. 130-135.

УДК 58.007: 579.64

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И НАУЧНАЯ ШКОЛА ЭМИЛИИ АДРИАНОВНЫ ШТИНОЙ

Ренгартен Г. А., Черемисинов М. В.
Вятский государственный агротехнологический университет,
rengarten.g@gmail.com

Аннотация. Среди мировых личностей, внесших заметный вклад в изучение почвенной альгофлоры, принадлежит доктору биологических наук, профессору, почетному гражданину города Кирова Эмилии Адриановне Штиной. В данной статье описывается научная деятельность Штиной Э.А. и представлены ученики, защитившие диссертации под ее руководством.

Ключевые слова: альгология, водоросли, цианобактерии, альгофлора, почвенное плодородие

Эмилия Адриановна Штина (1910-2007) – имя, ставшее легендой в почвенной альгологии. Не каждому учёному на своём веку удаётся стоять у истоков рождения повой науки. В её жизни многое решал случай. И одновременно личные качества – необычайная работоспособность, упорство, ответственность, жажда познания нового – приводили к тому, что в любом деле, которое начинала Эмилия Адриановна, она становилась лидером. Так, собравшись поступать в 1934 г. в аспирантуру МГУ по геоботанике (она была прирождённым ботаником с детства) после окончания Вятского педагогического института, по приезде в Москву она неудачно сдала экзамен на эту специальность. Но выяснилось, что были вакантные места в аспирантуру по альгологии, и её принял к себе выдающийся российский ботаник Константин Игнатьевич Мейер с испытательным сроком. Так, с 15.10.1934 г. Э. А. Штина стала аспирантом МГУ. В своих воспоминаниях она пишет: «Учиться было очень трудно. Низшие растения совсем не знала. Английский язык учила заново. Пришлось ещё взяться за немецкий и французский. Слушали лекции по альгологии, физиологии, генетике, истории естествознания, отрабатывали практикумы. Работали часов до 11 вечера». Выбранная тема кандидатской диссертации была «Флора водорослей р. Вятки» [1-3, 6].

Диссертацию успешно Э. А. Штина защитила в 1939 г. В дальнейшем альгофлору водоёмов Кировской области она изучала в течение 62 лет (подобных аналогов в мировой науке нет). Работы по изучению почвенных водорослей начались в 1949 г., так как Э. А. Штина решила, что эти организмы ближе к тематике сельскохозяйственного вуза (почвы и их микрофлора, плодородие). В этот период Эмилия Адриановна была доцентом на агрономическом факультете Кировского сельскохозяйственного института. Приняв подобное решение, она сразу же составила план докторской диссертации, начала регулярно собирать и обрабатывать почвенные пробы [4-5].

И снова из воспоминаний Э. А. Штиной: «Сотни пройденных километров, тысячи проб, взятых с различных почв в разных районах, на всех окнах (на кафедре и дома) колбы, стеклянные чашки Петри (водорослям нужен свет). И микроскоп, микроскоп, микроскоп, В вегетационном домике проверяется и замеряется влияние почвенных водорослей на рост растений. За 1951-1953 гг. удаётся написать и опубликовать три первые работы по почвенным водорослям. Эти работы привлекли внимание ленинградского профессора Максимилиана Максимилиановича Голлербаха, который уже более 10 лет занимался почвенными водорослями и защитил первую докторскую диссертацию по почвенным

водорослям». Так началось творческое научное содружество, которое продолжалось всю оставшуюся жизнь, в результате которого фактически и возникла наука, получившая название почвенная альгология [1, 3].

Над докторской диссертацией Эмилия Адриановна работала 7,5 лет (срок маленький, если учесть, что тема была новая) и защитила её более 60 лет назад, в 1956 г. Тема докторской диссертации была «Водоросли дерново - подзолистых почв и их роль в почвенных процессах». И сегодня мы можем рассматривать эту диссертацию как классический образец выполнения и написания научной работы, основные положения которой сохраняют свою актуальность в течение многих десятилетий, так как связаны с изучением закономерностей биологических процессов, протекающих в почве.

По образцу изучения альгофлоры в почвах Кировской области впоследствии аспирантами Э. А. Штиной были выполнены работы практически во всех регионах бывшего Советского Союза [1-3].

В ходе работы над докторской диссертацией Эмилия Адриановна изучила состав и распространение водорослей в целинных и окультуренных почвах Кировской области. При этом для определения численности водорослей в почве она разработала новый метод их количественного учёта, которым и сейчас пользуются многие альгологи. При изучении альгофлоры целинных почв Э. А. Штина установила закономерности их развития от таких факторов, как тип почвы и растительный покров. При изучении альгофлоры пахотных почв было показано, как происходит изменение флоры водорослей при окультуривании почвы, какие группировки водорослей характерны для различных полей севооборота и как происходит их изменение в связи с ротацией севооборота [9, 10].

Также впервые именно в этой диссертации почвенные водоросли были позиционированы как фактор плодородия почвы. Э. А. Штина пишет: «Почвенные водоросли дерново-подзолистых почв представляют собой своеобразную группировку, имеющую специфические приспособления к жизни в почве. Эта группировка отличается не только от водных и воздушных группировок, но и от водорослевых группировок примитивных почв, и от наземных разрастаний водорослей. Очень детально было изучено влияние на распространение водорослей таких факторов, как культурные растения, сезоны года, температура, влажность, удобрения, известкование, обработка почвы. Пионерный характер носили исследования о взаимодействии между двумя группами фототрофных организмов: высшими растениями и водорослями. Э. А. Штина показала, с одной стороны, каким образом влияют корневые выделения и свойства ризосферы на рост почвенных водорослей. С другой стороны, было установлено влияние почвенных водорослей и их выделений на рост высших растений. До сих пор продолжаются интенсивные исследования в области альго-ризобиальных отношений, т.е. отношений между водорослями и корнями растений. Очень детально было изучено влияние на распространение водорослей таких факторов, как культурные растения, сезоны года, температура, влажность, удобрения, известкование, обработка почвы. Наряду с такими приспособлениями, как разнообразие метаболизма, выносливость к недостаточной влажности и

высыханию, свойственными наземным, скальным водорослям и водорослям примитивных почв, водоросли дерново-подзолистых почв имеют новое приспособление к жизни в почве, свойственное ряду других почвенных микроорганизмов. Это приспособление состоит во взаимодействии с корнями высших растений, в процессе которого водоросли используют ряд продуктов жизнедеятельности высшего растения и приобретают способ продвижения в более глубокие слои почвы на поверхности корней» [1-5].

Основные идеи докторской диссертации Э. А. Штиной развивались в её монографиях, которые, без преувеличения, являются настольными книгами почвенных альгологов: «Почвенные водоросли» (Голлербах, Штина, 1969), «Экология почвенных водорослей» (Штина, Голлербах, 1976), «Флора водорослей бассейна реки Вятки» (Штина, 1997).

Эмилия Адриановна ещё в 50-е годы прошлого века выделила следующие процессы как главные направления участия водорослей в формировании почвенного плодородия: накопление органического вещества; стимуляция микробиологической деятельности; фиксация молекулярного азота (сине-зелёные водоросли = цианобактерии); воздействие на рост растений выделениями метаболитов; улучшение аэрации почвы; биологическое закрепление минеральных солей; противоэрозионное значение наземных разрастаний; изменение pH почвы.

Диссертация завершается таким прогнозом: «Включение почвенных водорослей в сферу хозяйственной деятельности, подчинение их регулирующему влиянию агрономических мероприятий позволит использовать наиболее - полно жизнедеятельность этих полезных обитателей почвы. Тем самым будет сделан шаг вперёд по пути планомерного управления почвообразовательным процессом».

Работы в области почвенной альгологии продолжают в настоящее время многочисленные ученики Э. А. Штиной. В частности, в г. Кирове подобные исследования проводятся на кафедре агробиотехнологии, ландшафтной архитектуры и пищевых производств (ранее на кафедре ботаники, физиологии растений и микробиологии им. Э. А. Штиной) Вятского ГАТУ и в лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ [6].

Ученики, защитившие диссертации под руководством профессора, доктора биологических наук Штиной Э. А.

Перминова Галина Николаевна «Роль сине-зеленых водорослей в азотном балансе дерново-подзолистой почвы» (1964 г.).

Куликова Рената Михайловна «Сообщества водорослей мелиорированных торфяных низинных почв и их изменение при окультуривании» (1965 г.).

Третьякова Алевтина Николаевна «Сравнительное изучение штаммов азотфиксирующих сине-зеленых водорослей, выделенных из разных почв СССР» (1967 г.).

Носкова Тамара Степановна «Сообщество водорослей некоторых почв

Кировской области» (1968 г.).

Балезина Лидия Степановна «Влияние удобрений и гербицидов па развитие почвенных водорослей» (1970 г.).

Помелова Галина Ивановна «Динамика почвенных водорослей в севообороте» (1971 г.).

Некрасова Клара Анатольевна «Опыт изучения почвенных водорослей как индикаторов обеспеченности почвы элементами минерального питания растений» (1971 г.).

Домрачева Людмила Ивановна «Почвенные водоросли как продуценты органического вещества и их значение в трофических связях почвенных организмов» (1974 г.) [6-8].

Неганова Лия Борисовна «Развитие водорослей па промышленных отвалах как первый этап их зарастания» (1975 г.).

Маркова Галина Ивановна «Биомасса почвенных водорослей в некоторых типах растительности реки Варзоб» (1976 г.).

Бусыгина Евгения Аркадьевна «Развитие почвенных водорослей на мелиорированных выработанных торфяниках в зависимости от их водного режима» (1976 г.).

Ельшина Татьяна Анатольевна «Почвенные водоросли как индикаторы некоторых видов техногенного загрязнения почвы (на примере загрязнений, связанных с нефтедобычей)» (1986 г.).

Кондакова Любовь Владимировна «Изменения сообществ почвенных водорослей при мелиорации дерново-подзолистых почв» (1984 г.).

Малышева Ольга Алексеевна «Развитие водорослей в почвах, подверженных действию животноводческих стоков» (1992 г.) [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Домрачева, Л. И. Э. А. Штина: у истоков почвенной альгологии / Л. И. Домрачева // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах : материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной. – Киров : Вятская ГСХА, 2015. – С. 7-12.
2. Домрачева, Л. И. Роль кировских ученых в изучении педобиоты / Л. И. Домрачева // 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. – Киров : Вятская ГСХА, 2020. – С. 12-23.
3. Домрачева, Л. И. Эмилия Адриановна Штина – Великий российский альголог / Л. И. Домрачева // 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. – Киров : Вятская ГСХА, 2020. – С. 5-8.

4. История агрономического факультета. – URL: https:// vgatu.ru/universitet/istorija-universiteta/istorija-agronomicheskogo-fakulteta/
5. История кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии. – URL: https://vgatu.ru/kafedra-biologii-rastenij-selekcii-i-semenovodstva-mikrobiologii/
6. Почвенная альгология : учебно-методическое пособие для обучающихся в вузах / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова. – Киров : Вятская ГСХА, 2017. – 86 с.
7. Домрачева, Л. И. Использование цианобактерий как экологически безопасного метода борьбы с фузариозами / Л. И. Домрачева, А. Н. Третьякова, Л. В. Трефилова // Экология. – 2002. – № 2. – С. 46-48.
8. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 55.
9. Ренгартен, Г. А. Основные организмы-индикаторы плодородия почв на Севере России / Г. А. Ренгартен // 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. – С. 121-127.
10. Ренгартен, Г. А. Биологизация почвы и удобрения в севообороте / Г. А. Ренгартен, С. Л. Коробицын // Проблемы агрохимии и экологии – от плодородия к качеству почвы : материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию Василия Григорьевича Минеева. – Москва : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2021. – С. 153-156.

УДК 579.26:579.841.12:632.934

СРАВНЕНИЕ АНТИФУНГАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ *TRICHODERMA ATROVIRIDE* К-01П И ИЗВЕСТНЫХ ШТАММОВ-АНТАГОНИСТОВ

Стариков П. А., Абазов В. Р., Ордина А. Р., Полякова В. А.
Вятский государственный агротехнологический университет, ya.starikov-pavel@yandex.ru

Аннотация. Согласно результатам исследования *in vitro* штамм *Trichoderma atroviride* К-01П обладает антифунгальной активностью в отношении *Fusarium culmorum* Р/з-16 и *Alternaria alternata*, сопоставимой с действием биопрепаратов на основе *T. viride* 471 и *T. lignorum* Т13-82.

Ключевые слова: *Trichoderma*, биопрепараты, антагонизм, *Fusarium*

Поражение сельскохозяйственных культур грибными фитопатогенами – один из ключевых факторов, снижающих продуктивность растений в условиях Евро-Северо-Востока РФ [1]. Альтернативой химического способа защиты растений является их замена на средства биологического контроля на основе высокоактивных микробных штаммов [2, 3].

Среди грибов, антагонистичных по отношению к фитопатогенам, наиболее распространены представители рода *Trichoderma*, обладающие множеством агрономически ценных свойств [4-7]. В связи с этим поиск высокоэффективных и технологичных штаммов р. *Trichoderma* является актуальным направлением в биологизации земледелия.

Цель данной работы – оценить антифунгальные свойства перспективных микромицетов р. *Trichoderma* в отношении наиболее вредоносных грибковых и грибоподобных фитопатогенов Кировской области.

В работе сравнивали антагонистическую активность почвенного изолята *Trichoderma atroviride* К-01П с антифузариозным действием коммерческих штаммов. В качестве тест-культуры использовали штамм фитопатогенного микромицета *Fusarium culmorum* р/з-16, а также изолят *Alternaria alternata*, любезно предоставленные сотрудниками ФАНЦ Северо-Востока. В качестве эталонов для оценки антагонистической активности *Trichoderma* spp. использовали биопрепараты «Триходерма вериде» на основе *T. viride* 471 (оригинатор – ФГБНУ ВНИИСХМ, Россия) и «Триходермин-БЛ» на основе *T. lignorum* Т13-82 (оригинатор – РУП «Институт защиты растений», Беларусь).

Антагонистические свойства *Trichoderma* spp. исследовали *in vitro* методом встречных культур на чашке Петри [8-10]. Культуры микромицетов высевали одновременно уколом в агаризованную среду Чапека на расстоянии 8 см друг от друга. Опыт проводили в трёх повторностях. Культивировали при температуре 22±1°С в течение 14 суток и оценивали динамику роста тест-культур, измеряя радиус колоний микромицетов в направлении, перпендикулярном черте, которая делит чашку на 2 равные части.

Для оценки антагонистической активности триходермы по отношению к фитопатогенам определяли степень угнетения тест-культуры через 14 суток совместного культивирования. Оценивали развитие фитопатогенов по следующей шкале, предложенной Д. В. Войткой с соавторами: А – сильное угнетение патогена, Б – патоген угнетён в слабой степени, В – отсутствие угнетения, Г – вся колония патогена покрыта антагонистом. Знаком «+» обозначали нарастание *Trichoderma* sp. на колонию фитопатогена, «++» – образование участков спороношения, «+++» – спороношение антагониста покрывает всю колонию тест-культуры, «–» – наличие стерильной зоны. Паразитическую активность грибов р. *Trichoderma* в отношении микромицетов определяли через 2 недели по 4-балльной шкале, учитывая процент площади колонии фитопатогена, покрытый штаммом-антагонистом: 0 – нет нарастания, 1 – до 25 %, 2 – 25–50 %, 3 – 50–75 %, 4 – 75–100 % [4].

Также оценивали способность фитопатогенов нарастать на площадь агара, занятую штаммами триходермы.

Степень ингибирования вегетативного роста колоний тест-культур в присутствии триходермы вычисляли по формуле:

$$I = \frac{X - Y}{X} \cdot 100,$$

где I – показатель ингибирования, %; X – радиус колонии тест-культуры в контроле, мм; $У$ – радиус колонии тест-культуры в присутствии триходермы, мм.

Статистический анализ полученных результатов проводили в пакетах программ AGROS (версия 2.07.) и Microsoft Office Excel. Для оценки достоверности полученных результатов рассчитывали показатель $НСР_{0,95}$ – наименьшую существенную разницу на уровне доверительной вероятности 0,95.

Согласно результатам опыта антагонистическая активность *T. atroviride* К-01П примерно сопоставима с *T. viride* 471 («Триходерма вериде») и *T. lignorum* Т13-82 («Триходермин-БЛ»), что отражается в схожих показателях ингибирования роста тест-культур (табл.).

Таблица – Активность *Trichoderma* spp. в отношении фитопатогенов

Штамм	Ингибирование роста, %	+/– к К-01П, %	Характер антагонизма
Fusarium culmorum Р/з-16			
T. atroviride К-01П	82,0	–	Г++3
T. viride 471	77,9	–4,1	А++1
T. lignorum Т13-82	76,0	–2,1	А++1
Alternaria alternata			
T. atroviride К-01П	70,1	–	Г+++4
T. viride 471	70,9	+0,8	Г+++4
T. lignorum Т13-82	74,4	+4,3	Г++3

Наряду с детекцией подавления линейного роста колоний фитопатогенных микромицетов, определяли характер гиперпаразитического действия исследуемых штаммов триходермы. Несмотря на примерно одинаковую степень подавления линейного роста *Fusarium culmorum* Р/з-16, отмечалось, что *T. atroviride* К-01П обладает большей способностью к спороношению на мицелии фузариума. А в случае *Alternaria alternata* все исследуемые представители *Trichoderma* spp. проявили одинаково высокую гиперпаразитическую активность.

Таким образом, новый изолят *T. atroviride* К-01П является перспективным агентом биоконтроля фитопатогенов, обладающим сильными антифунгальными свойствами, которые сопоставимы с действием штаммов в составе коммерческих биофунгицидов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шешегова, Т. К. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) / Т. К. Шешегова, Л. М. Щекленина. – DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013 // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 6-13.

2. Цианобактерии как объекты биотехнологии / Ю. Н. Зыкова, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего : материалы Международной научной конференции, Уфа, 13-17 июня 2018 года. – Уфа : Электронное издание. Постоянный адрес размещения http://plamic.ru/sbornik/, 2018. – С. 153.
3. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
4. Роль интродуцированных микробов-антагонистов фитопатогенных микромицетов в повышении супрессивности почвы / И. И. Новикова, Э. В. Попова, И. В. Бойкова и др. // Защита и карантин растений. – 2016. – № 8. – С. 35-43.
5. Войтка, Д. В. Скрининг антагонистической активности грибов р. *Trichoderma* по отношению к доминирующим корнеобитающим патогенам овощных культур, изолированным на территории Беларуси и Азербайджана / Д. В. Войтка, Е. К. Юзефович, Я. Ю. Атакишиева // Защита растений. – 2019. – № 43. – С. 144-152.
6. Микробы-антагонисты против фитопатогенных бактерий и грибов (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, П. А. Стариков [и др.]. – DOI: 10.25750/1995-4301-2022-2-006-014 // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 2. – С. 6-14.
7. *Trichoderma*: The «Secrets» of a Multitalented Biocontrol Agent / M. Sood, D. Kapoor, V. Kumar [et. al.]. – DOI: 10.3390/plants9060762 // Plants (Basel). – 2020. – Vol. 9, No. 6: 762.
8. Практикум по микробиологии : учебное пособие / под ред. Н. С. Егорова. – Москва : Изд-во. Моск. ун-та, 1976. – 307 с.
9. Домрачева, Л. И. Использование цианобактерий как экологически безопасного метода борьбы с фузариозами / Л. И. Домрачева, А. Н. Третьякова, Л. В. Трефилова // Экология. – 2002. – № 2. – С. 46-48.
10. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 55.

УДК 631.46.576.8

ФИТОСАНИТАРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Трефилова Л. В.
Вятский государственный агротехнологический университет,
nm-flora@yandex.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты микровегетационного опыта на озимой ржи, проведённого с целью подтверждения положительного эффекта обработки семян цианобактериями. Результаты исследований показали, что цианобактериальная обработка не только выполняет функцию протравливания семян, но и регулирует численность эпифитной микрофлоры резко снижая численность плесневых грибов с 12,3 % до 1 %.

Ключевые слова: злаковые культуры, цианобактерии, микромицеты, фузариум, фунгициды

Наблюдения последних лет показали ухудшение фитосанитарного состояния посевов злаковых культур, это связано с нарушением агротехники, отсутствием севооборотов, бессменным выращиванием зерновых и т. д. Так, например на посевах озимой ржи ежегодно развивается комплекс болезней. Среди почвенных фитопатогенов повышенной агрессивностью обладают грибы. Урон, наносимый ими, проявляется не только в потере урожая (до 25-30%), но и происходит загрязнение кормов и продуктов питания микотоксинами, представляющими реальную угрозу для здоровья человека и сельскохозяйственных животных, вызывая иммунодепрессивное, общетоксичное, канцерогенное действие. Источниками болезни могут быть споры, переносимые по воздуху; споры, поступающие в почву с поливной водой; зараженная почва; зараженные возбудителями перезимовавшие остатки растений.

Из наиболее агрессивных и распространенных фитопатогенных токсинообразующих грибов в комплексе микромицетов преобладают грибы рода Fusarium, в частности *Fusarium culmorum* и *Fusarium nivale*. *Fusarium nivale* (“снежная плесень”) может размножаться на поражнnных им озимых злаках, проявляясь в виде расплывчатых пятен, которые затем покрываются нежным белым или розовым налетом. Разнообразные клеточные структуры, помимо мицелия (микроконидии и макроконидии, хламидоспоры) обеспечивают непрерывность размножения фузариума в почве.

Развивается фузариум и в Кировской области. Практически ежегодно отмечается поражение *Fusarium nivale* (гибель озимых до 70-90%). Во всех районах возделывания ржи отмечается также нарастание корневых гнилей фузариозного происхождения. Их доля в структуре патогенного комплекса в Кировской области 20-30%, потеря урожая в среднем 5-20% и до 30% [1].

Несмотря на прогрессирующее развитие фузариозных патосистем в агроценозах, до сих пор нет биологически приемлемых и экономически эффективных способов борьбы с ними и детоксикацией сельскохозяйственной продукции.

Оказалось, что среди естественных антагонистов патогенных грибов, лидирующее положение могут занять почвенные цианобактерии [2]. Они обладают рядом свойств, которые облегчают их использование в биологическом методе борьбы с фитопатогенами. Почва является для них естественной средой обитания, также они размножаются с большей скоростью по сравнению с другими представителями микробиоты. Длительное время могут существовать и в толще почвы, и в ризосфере растений, не теряя жизнеспособности. При интродукции в почву вместе с семенами не погибают. В состав экзогенных метаболитов цианобактерий входят органические кислоты, эфирные масла, гормоны, витамины, антибиотики и т. д. Данные соединения могут обладать стимулирующим, ростактивирующим, ингибирующим действием на другие организмы.

На кафедре агробиотехнологии, ландшафтной архитектуры и пищевых

производств проводятся исследования антимикозной активности почвенных цианобактерий [3-7].

Ранее уже были проведены лабораторные и вегетационные опыты по влиянию цианобактериальной обработки на озимую рожь, которые показали:

- Снижение зараженности растений при цианобактериальной обработке по сравнению с контролем от 2 (*M. tenera*) до 6,3 раз (*N. linckia*);
- Сильный ростактивирующий эффект. Длина корней в опытных вариантах увеличивается до 7,6 раз, а высота проростков до 6 раз.

Данная работа послужит развитию этого направления. На антифунгальную активность испытывали несколько штаммов цианобактерий из коллекции кафедры *Nostoc paludosum* шт.18, *Nostoc linckia* шт.271, *Microchaeta tenera* шт. 262**.**

Важный показатель, нарастающей гипертоксичности токсинообразующих грибов, усиливающееся поражение зародыша зерна. В последние годы выявлена интересная закономерность: фузариотоксины обнаруживаются в 5-7% партии зерна без видимого поражения фузариозом. При этом возбудитель распространяется по межклеточному пространству, не образуя инфекционных структур, протравливание не убивает внутрисеменную инфекцию, так как она локализована в зародыше [8]. Поэтому с нашей точки зрения важна цианобактериальная обработка семян до посева.

С целью подтверждения положительного эффекта обработки семян цианобактериями был проведён микровегетационный опыт. Сорт озимой ржи – Фалёнская – 4, всхожесть – 95%. Повторность опыта трёхкратная.

Обработку семян культурой фитопатогенных грибов проводили за сутки до закладки опыта. На заранее выращенные газоны грибов, в чашки Петри помещали семена озимой ржи. В день закладки опыта проверяли титр грибов на поверхности инфицированных семян, который составлял – 3 х 10^4 КОЕ.

После посева инфицированных семян проводили полив почвы композитом: *Nostoc paludosum* + *Nostoc linckia* + *Microchaeta tenera* из расчёта 300 мл на рядок. Титр цианобактерий на день закладки опыта составлял 5 х 10^5 клеток/мл среды, по гигромассе 14, 9 г, по ксеромассе – 0,3 г.

Совместная обработка семян грибами и цианобактериями также как и одними цианобактериями, стимулировало развитие проростков озимой ржи по отношению к контролю на 2, 9 и 11%.

Весной после перезимовки отмечалось увеличение выживаемости растений на 11,1% по сравнению с контролем при обработке семян только смесью культур, а там, где использовались цианобактерии на провокационном фоне зараженных семян, выживаемость оказалась чуть ниже контроля.

С целью детального изучения выживаемости озимой ржи проводили обработку корневой шейки растений раствором 3 – фенилтетразолийхлорида. Для этого вырезанные участки с 10 растениями каждой повторности помещали в раствор тетразолия на 30 мин при температуре 40^0С. Живые клетки конуса нарастания окрашивались в красный цвет, мёртвые – не окрашивались.

Общее количество корней и стеблей по сравнению с контролем увеличилось

только на фоне 3 варианта. Количество жизнеспособных корней оказалось больше во всех вариантах на 40-50%, а жизнеспособных стеблей существенно уменьшилось только во 2 варианте.

Итоговым критерием работы стала урожайность. Она была существенно выше контроля только при обработке семян одним композитом (на 14,5%), а во 2 варианте урожайность уменьшилась на 24,7%.

Микробиологический анализ семян озимой ржи, полученных с разных вариантов опыта, показал, что цианобактериальная обработка семян не только выполняет функцию протравливания семян, но и регулирует численность эпифитной микрофлоры резко снижая численность плесневых грибов с 12,3 % до 1 %. При этом меняется характер грибной флоры: плесневые грибы, которые преобладали в контрольном варианте сменяются на дрожжи.

В настоящее время ведется разработка новых технологичных форм биопрепаратов на основе цианобактерий, а также изучение цианобактериальных обработок на других культурах. Результаты наших опытов убедительно доказывают целесообразность применения цианобактерий в системе органического земледелия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панкратова, Е. М. Функционирование цианобактерий на пахотных почвах Нечерноземной зоны / Е. М. Панкратова, Л. И. Домрачева, Е. Н. Резник // Почвоведение. – 1989. – № 4. – С. 75-81.
2. Использование почвенных цианобактерий в агрономической практике / Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография. – Киров : Вятская ГСХА, 2020. – Часть 1. – С. 22-39.
3. Антагонистическая и сорбционная активность моно-, бинарных и трёхвидовых биоплёнок почвенных цианобактерий / А. И. Фокина, С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина. – DOI 10.25750/1995-4301-2020-3-119-125 // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 3. – С. 119-125.
4. Цианобактериальные консорциумы как основа новых эффективных препаратов против фитопатогенов / А. И. Коротких, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина [и др.] // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Киров, 18 мая 2020 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2020. – Книга 2. – С. 40-42.
5. Оценка формирования биопленок цианобактерий, а также их эффективности в борьбе с микромицетом *Fusarium culmorum* / Л. И. Домрачева, П. А. Трушников, С. А. Вахмянина, А. И. Коротких // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 04 декабря 2019 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2019. –

Книга 1. – С. 254-256.
6. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина. – DOI 10.25750/1995-4301-2021-3-021-030 // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
7. Домрачева, Л. И. Цианобактерии рода *Fischerella* как объект биотехнологии / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : Материалы международной научной конференции, Киров, 16-18 апреля 2019 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2019. – С. 108-111.
8. Домрачева, Л. Фузарии: распространение, опасность, биологический контроль / Л. Домрачева, Г. Кантор // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2004. – № 11. – С. 2-4.

УДК 631.42

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИГОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Трухина Е. А.
Вятский государственный агротехнологический университет,
nm-flora@yandex.ru

Аннотация. Проведен сравнительный анализ пяти субстратов методом фитотестирования. В качестве тест-объекта использовали ячмень. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высоком качестве двух универсальных грунтов: "Вятская усадьба" и "Агробалт". Доказана пригодность этих грунтов для выращивания растений. Исследования показали тормозящее действие на растения ячменя бедных минеральных субстратов, в частности, песка и перлита.

Ключевые слова: биотестирование, тест-объект, ячмень, субстрат, грунт, перлит

На сегодняшний день современный рынок предлагает достаточно широкий ассортимент грунтов для рассады и комнатных растений, но не всегда состав этих субстратов пригоден для выращивания растений. Это связано не только с химическим и минералогическим составом, но и со структурой, физическими, и биологическими свойствами почвы. Ярко этикированные грунты не всегда отвечают требованиям, поэтому перед посевом семян можно провести биотестирование любого субстрата. Для биотестирования в качестве тест-организмов используют бактерии, цианобактерии, микромицеты, микроводоросли, лишайники, цветковые растения и др. [1-8]. Для улучшения, обогащения и оздоровления некачественных грунтов и для стимуляции роста рассады необходимо применять различные биопрепараты [9-15].

В своих исследованиях мы использовали два коммерческих универсальных грунта: "Вятская усадьба" и "Агробалт", сравнивая их качество с контролем, где

семена раскладывали на смоченные водой фильтровальные диски, а также с промытым речным песком и перлитом.

Торфогрунт "Вятская усадьба" изготовлен из смеси верховых торфов различной степени разложения, с добавлением органических субстратов, природных, структурирующих компонентов, макро- и микроэлементов. В грунт добавлен песок. Содержание основных питательных элементов, мг/л, не менее: Азот 400-500, Фосфор 400- 500, Калий 700-1000 Массовая доля влаги не более 65% pH солевой суспензии: 6-7. Производителем заявлен полный набор питательных веществ, микроэлементов и стимуляторов роста.

Универсальный грунт "Агробалт" изготовлен на основе верхового торфа низкой степени разложения, добытого резным или фрезерным способами. Для нейтрализации торфа применяют известковые материалы (доломитовая мука, известняковая мука). Для обогащения торфа питательными веществами применяются комплексные минеральные удобрения. pH 5,0 - 6,2. Состав: питательные элементы не менее: N общ –150 мг/л, Ca – 120 мг/л, Mg – 30 мг/л, P2O5 – 150 мг/л, K2O – 250 мг/л, микроэлементы.

Перлит – природный материал, порода, представляющая из себя вулканическое стекло, в составе которого 70-75 % SiO2; 12-14 % AI2O3; 3-5 % NaO, примерно столько же K2O, до 1 % Fe2O3, CaO, MgO. Отличительной особенностью перлитовой породы является содержание в ней от 2 до 5 % связанной воды. В силу своей природы, химического состава перлит, как и любое стекло инертен, химически и биологически стоек.

Для оценки субстратов в лабораторных условиях мы использовали один из методов биотестирования – фитотестирование с использованием в качестве тест-объекта семян ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта «Памяти Дудина» [16, 17]. Семена проращивали в течение семи суток при температуре 23-25 ˚С. Опыт проводили методом чашечных культур в трехкратной повторности. Всхожесть анализировали на третьи сутки культивирования. При анализе полученных результатов самая высокая всхожесть была зафиксирована в варианте с универсальным грунтом "Вятская усадьба" – 95%. Всхожесть на перлите была ниже, чем в остальных вариантах на 8,3-46,7%. При снятии опыта через 7 суток измеряли длину корня и высоту растений. Морфометрические показатели такие как длина корней и высота проростков ячменя оказались значительно выше в вариантах, где растения выращивали на универсальных грунтах: "Вятская усадьба" и "Агробалт", что показывает их пригодность для выращивания как комнатных растений, так и рассады. Индекс роста в этих вариантах был 1503,85 и 1626,49 соответственно. Взятые для сравнения минеральные, а значит бедные субстраты такие как песок и перлит ингибировали развитие корневой системы даже по сравнению с контролем, а также тормозили развитие побегов. Так ингибирующий эффект на песке был зафиксирован на уровне 50%, на перлите – на уровне 3%.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: 1. Показана возможность использования ячменя в качестве тест-объекта для фитотестирования грунтов; 2. Установлен эффект стимуляции роста при

проращивании семян ячменя на универсальных грунтах: "Вятская усадьба" и "Агробалт"; 3. Отмечен ингибирующий эффект минеральных субстратов таких как песок и перлит.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трефилова, Л. В. Биоиндикация городской среды по состоянию педобиоты г. Кирова / Л. В. Трефилова // Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании : Материалы международной научно-практической конференции. – Рязань : Рязанский ГМУ имени академика И. П. Павлова, 2022. – С. 151-153.
2. Трифонов, Р. Н. Оценка экологического состояния урбаноземов методом фитотестирования / Р. Н. Трифонов, Л. В. Трефилова // Экологические проблемы природо- и недропользования : Материалы XIX международной молодежной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2019. – Том XIX. – С. 377-380.
3. Роль педобиоты в улучшении жизнедеятельности растений / Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Микроорганизмы и плодородие почвы : материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Е. М. Панкратовой. – Киров : Вятский ГАТУ, 2022. – С. 57-63.
4. Трифонов, Р. Н. Оценка токсичности городских почв / Р. Н. Трифонов, Л. В. Трефилова // Экологические проблемы промышленных городов : сборник научных трудов по материалам 10-й Международной научно-практической конференции. – Саратов : Амирит, 2021. – С. 175-179.
5. Трифонов, Р. Н. Влияние растительности на педобиоту урбаноземов / Р. Н. Трифонов, Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова // 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. 121-127.
6. Ковина, А. Л. Методы биоиндикации состояния урбаноземов / А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова // Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения : Сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции, в рамках IV Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт». – Саратов : Амирит, 2022. – С. 14-17.
7. Специфика растительно-микробных комплексов при антропогенном загрязнении почвы (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 14-25.
8. Трухина, Е. Л. Фитотестирование в биомониторинге урбаноземов / Е. Л. Трухина // Экологические проблемы промышленных городов : Сборник научных трудов 11-ой Международной научно-практической конференции, Саратов, 26-28 апреля 2023 года. – Саратов : Амирит, 2023. – С. 53-56.

9. Зыкова, Ю. Н. Влияние предпосевной обработки семян микробными препаратами на всхожесть семян и накопление фотосинтетических пигментов в листьях *Trifolium pannonicum* / Ю. Н. Зыкова, С. Ю. Огородникова, Л. В. Трефилова // Принципы экологии. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 3-16.
10. Трефилова, Л. В. Опыт применения биоагентов для борьбы с фитопатогенами / Л. В. Трефилова // Актуальные тенденции в развитии агрономической науки : Сборник международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, академика РАН, Заслуженного деятеля науки России Г. П. Гамзикова, Новосибирск, 30 января 2023 года. – Новосибирск : Золотой колос, 2023. – С. 246-250.
11. Трефилова, Л. В. Оценка эффективности применения антисептиков для обработки древесины / Л. В. Трефилова // Развитие отраслей АПК на основе формирования эффективного механизма хозяйствования : сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции. – Киров : Вятский ГАТУ, 2022. – С. 451-454.
12. Степанов, П. Д. Оценка эффективности предпосевной бактеризации семян бобовых культур на примере клевера паннонского / П. Д. Степанов, Л. В. Трефилова // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Пермь : ОТ и ДО, 2022. – С. 40-42.
13. Степанов, П. Д. Биопрепараты для инокуляции семян бобовых культур / П. Д. Степанов, Л. В. Трефилова // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVI Международной научно-производственной конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, 2022. – Т. 1. – С. 6-7.
14. Специфика растительно-микробных комплексов при антропогенном загрязнении почвы (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, А. Л. Ковина [и др.]. – DOI 10.25750/1995-4301-2022-3-014-025 // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 14-25.
15. Трефилова, Л. В. Эффективность применения многокомпонентных биопрепаратов в растениеводстве / Л. В. Трефилова // Актуальные направления развития АПК : сборник материалов конференции. – Екатеринбург : Уральский ГАУ, 2020. – С. 303-307.
16. Пляскина, П. А. Изучение действия различных регуляторов роста на растения ячменя сорта Изумруд / П. А. Пляскина, Е. Л. Трухина // Знания молодых - будущее России : сборник статей XXI Международной студенческой научной конференции, Киров, 05-07 апреля 2023 года. – Киров : Вятский ГАТУ, 2023. – Часть 1. – С. 170-172.
17. Трухина, Е. Л. Сравнительный анализ сортовой отзывчивости *Hordeum vulgare* L. к различным биопрепаратам / Е. Л. Трухина, П. А. Пляскина // Современные достижения в развитии сельского хозяйства : Материалы I научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения профессора Геннадия Петровича Дудина, Киров, 07 июля 2023 года. – Киров : Вятский ГАТУ, 2023. – С. 182-187.

УДК 581.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАЗМНОЖЕНИЯ СЕНПОЛИИ *(SAINTPAULIA)*

Цубера М. Г.
Вятский государственный агротехнологический университет,
nm-flora@rambler.ru

Аннотация. Изучали размножение сенполии в комнатных условиях. Показано, что с помощью биопрепаратов сенполия укореняется несколько быстрее. Эффективность применения цианобактерий для укоренения листьев фиалки достаточно высокая. Такой способ размножения дает больший выход посадочного материала.

Ключевые слова: сенполия, цианобактерии, корневин, эпин, вермикулит

Как и все живые организмы, растения размножаются. Этот физиологический процесс воспроизведения себе подобных организмов, обеспечивает непрерывность существования вида и его расселение в окружающей среде. В результате размножения увеличивается численность особей вида, растения занимают новые территории. При утрате способности к размножению, виды вымирают, что является закономерным процессом эволюции растительного мира.

Для размножения как сельскохозяйственных, так и декоративных растений, рекомендуют использовать различные препараты с целью увеличения всхожести, повышения качества рассады, укоренения, улучшения качества цветения, для повышения устойчивости к стрессам, и для защиты от фитопатогенов [1-4].

Листовой черенок – это удаленный с растения лист. Листовыми черенками можно размножать небольшое количество растений. Этот способ широко применяют в цветоводстве для некоторых растений.

Вермикулит – природный материал, без запаха, сыпучий, легкий высокопористый. Он не токсичен, устойчив к гниению; препятствует образованию плесени. Вермикулит может быть использован для комнатных и садовых растений, выращивания рассады, черенкования, мульчирования, а также для эффективного хранения овощей, фруктов и луковиц цветов. Вермикулит увеличивает пористость, улучшает капиллярную и полную влагоемкость, поддерживает постоянную температуру корневой системы, уменьшает кислотность и процесс засоления несменных грунтов.

Для укоренения черенков используют вермикулит мелких фракций (до 1 мм) в чистом виде или в составе легких смесей (например, с торфом или песком в соотношении 1:1).

Черенки растений в вермикулите защищены от фитопатогенов (корневых гнилей, черной ножки). При выращивании комнатных растений достаточно добавления вермикулита до 30 % от объема почвы (на горшок любого объема вносится 1 часть вермикулита на 2-3 части земли, все перемешивается), что позволяет значительно улучшить характеристики посадочной смеси. С помощью

вермикулита повышается пористость и рыхлость, следовательно, воздухопроницаемость, предотвращается слеживание, комкование, уплотнение, затвердение почвы, образование поверхностной корки. Корни равномерно развиваются.

Цель работы: изучить размножение сенполии с помощью биопрепаратов.

Для работы использовали срезанные листья сенполии обработанные цианобактериями, корневином и эпином.

Сенпо́лия (*Saintpaulia*) – ранее монотипный род красивоцветущих травянистых растений семейства Геснериевые (*Gesneriaceae*). Представители рода под названием сенпо́лия, или узамба́рская фиа́лка известны как очень распространённые комнатные растения (рис.).

Рисунок – Цветущее растение сенполии

Растения этого рода – низкорослые вечнозелёные многолетние травянистые растения. Стебли укороченные, с прикорневой розеткой листьев. Листья кожистые, покрыты ворсинками, округлые, обычно со слегка неравнобоким сердцевидным основанием, с округлой или короткозаострённой верхушкой. Могут быть как однородной зелёной окраски, так и пятнистыми.

Цветки – с пятью лепестками и чашелистиками, собраны в кисти. Тычинок две. Гинецей паракарпный из двух плодолистиков. Имеет один пестик с верхней завязью.

Для ускорения укоренения использовали следующие препараты:

- ✓ суспензию *Nostoc paludosum* – представитель цианобактерий (ЦБ) древнейших фототрофных организмов планеты. ЦБ являются постоянными обитателями почвы, обладают высокой устойчивостью к резким колебаниям температуры и влажности, недостатку и избытку света, высоким концентрациям солей и другим физико-химическим факторам. Функциональные особенности ЦБ проявляются в способности к различным сочетаниям типов обмена веществ как по источникам энергии, так и по 69 источникам углерода и азота. Для всех видов ЦБ характерно прижизненное экстрацеллюлярное выделение органических веществ различной химической природы и биологической активности. Одни из

них являются стимуляторами развития гетеротрофных бактерий, микромицетов, водорослей, другие – их ингибиторами. Кроме того, ЦБ обладают огромным биоиндикационным потенциалом в оценке состояния среды [5-10];

✓ корневин – это фитогормональный препарат, действующим веществом которого является 4-(индол -3-ил) масляная кислота, способствует лучшему укоренению и адаптации рассады различных культур, включая плодовые, ягодные, декоративные и овощные. Он повышает всхожесть семян и луковиц, а также способствует образованию крепкой корневой системы у растений. Особенно положительное влияние на корнеобразование оказывает корневин для винограда, хвойных и декоративных культур (таких как розы, сирень, калина, чубушник), а также для садовых и комнатных цветов.

Кроме того, препарат стимулирует корнеобразование из клеток стебля при черенковании, обеспечивая высокую приживаемость всех видов растений после пересадки.

Применение: смоченные водой черенки, встряхнув, погрузить в препарат на глубину 1-1,5 см и высадить в почву. Норма расхода - 10-20 мг/черенок;

✓ эпин – это искусственно созданный аналог природного биостимулятора растений, адаптоген с ярко выраженным антистрессовым действием. Он активирует собственные защитные функции растений, вырабатывая у них иммунитет перед агрессивной окружающей средой (перепадами температур, засухой, заморозками, ливнями и так далее). Растения, обработанные препаратом, дают урожай на 10-15% выше, нежели необработанные, а плоды созревают быстрее. «Эпин» используется для опрыскивания растений и замачивания посевного материала.

Применение: 1 мл эпина растворяют в 5 л воды и тщательно перемешивают. Готовые к посадке черенки погружают в раствор на 2-3 см. Рабочий раствор используют в день приготовления.

Для размножения сенполий берут большой лист из второго ряда снизу (самые нижние листья старые, плохо приживаются, а молодые листочки из верхних рядов после посадки в землю сначала растут сами, появления деток приходится долго ждать). Хотя у молодых растений возрастом до года можно укоренять и самые крайние листья, они еще не успели состариться. Лист срезают целиком, если оставить на растении пенек, он может загнить и погубить всю фиалку. У подготовленного листа обрезают черешок, оставляя 3-4 см. Срез делают косым, под углом 45 градусов. Затем, обрабатывают части листа стимуляторами корнеобразования (цианобактериями, корневином и эпином), согласно вариантам (табл.). Обработанные листовые черенки помещают в мини теплички – это подготовленные заранее пластиковые контейнеры, объёмом на 1 л с крышками для поддержания влажности, заполненные на одну третью часть высоты листа вермикулитом,

Пластиковые контейнеры устанавливают в затененное, теплое место, с постоянной влажностью и температурой 20-22 ^{0}С до появления корней.

Благодаря созданным в контейнерах условиях вода не испаряется и дополнительно поливать посаженный лист в период укоренения не приходится,

нужно лишь иногда проветривать тепличку. В течение месяца лист укоренился, прикрытие убирают и аккуратно поливают лист по мере подсыхания земли.

Степень укоренения оценивали по появившимся корешкам, хорошо просматриваемым через стенки пластиковых контейнеров (табл.)

Таблица – Влияние биопрепаратов на степень укоренения сенполии, в %

Вариант	Сутки с начала эксперимента			
	14	28	42	56
Контроль	20	38	67	71
Цб	35	49	73	87
Корневин	33	47	71	83
Эпин	30	41	69	74

К концу второго месяца у листа появляются детки – молодые розеточки листьев. Когда детки вырастают 3-4 см высотой, и их листики становятся размером с копеечную монету, их рассаживают по отдельным маленьким горшочкам или пластиковым стаканчикам.

Таким образом, работа по размножению сенполии (*Saintpaulia*) показала, что для их укоренения биопрепараты показали разную степень эффективности, с их помощью растение быстрее укореняются, однако применение цианобактерий для укоренения показало более высокую степень укоренения. В целом биопрепараты улучшают обмен веществ растений, активизируют рост корней и повышают устойчивость к неблагоприятным условиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черемисинов, М. В. Действие регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность растений ячменя / М. В. Черемисинов // Экспериментальный мутагенез в биологии и селекции растений : материалы Международной научно-практической конференции: сборник научных трудов, Киров, 01–03 июля 2008 года. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – С. 136-137.

2. Черемисинов, М. В. Микробиологические препараты и регуляторы роста против возбудителей корневых гнилей на ячмене / М. В. Черемисинов // Адаптивные технологии в растениеводстве. Итоги и перспективы : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры растениеводства Ижевской ГСХА, Ижевск, 07-09 октября 2003 года. – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. – С. 152-155.

3. Пролонгирующее действие бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого на его урожайность / Д. В. Козылбаева, Л. И. Домрачева, И. В. Широких [и др.] // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева,

Киров, 28-29 ноября 2024 года. – Киров : Вятский государственный агротехнологический университет, 2024. – С. 209-218.
4. Биопрепараты как фактор регулирования ростовых процессов / Ю. Н. Зыкова, В. А. Изотова, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Современному АПК – эффективные технологии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Валентины Михайловны Макаровой, Ижевск, 11-14 декабря 2018 года. – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 176-180.
5. Использование цианобактерий при выращивании декоративных культур / А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова, Л. И. Домрачева, Л. Б. Попов // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Э. А. Штиной, Киров, 10-15 октября 2010 года. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С. 163-167.
6. Цианобактериальные симбиозы и возможность их практического использования (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 21-30.
7. Цианобактериальные консорциумы как основа новых эффективных препаратов против фитопатогенов / А. И. Коротких, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина [и др.] // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Киров, 18 мая 2020 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2020. – Книга 2. – С. 40-42.
8. Designing microbial binary cultures based on blue-green algae (cyanobacteria) *Nostc palusodum* Kutz / E. M. Pankratova, R. J. Zyablykh, A. A. Kalinin [et al.] // International Journal on Algae. – 2004. – Vol. 6, No. 4. – P. 290-304.
9. Оценка формирования биопленок цианобактерий, а также их эффективности в борьбе с микромицетом *Fusarium culmorum* / Л. И. Домрачева, П. А. Трушников, С. А. Вахмянина, А. И. Коротких // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 04 декабря 2019 года. – Киров : Вятский государственный университет, 2019. – Книга 1. – С. 254-256.
10. Цубера, М. Г. Способ вегетативного размножения лилий чешуйками с использованием стимуляторов корнеобразования / М. Г. Цубера, А. Л. Ковина // Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации Сергея Федоровича Тихвинского, Киров, 16 декабря 2022 года. – Киров : Вятский ГАТУ, 2022. – С. 274-279.

УДК 373.5

УЧАСТИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Черемисинов М. В.[1], Попыванова И. Б.[2]

[1]Вятский государственный агротехнологический университет,
cheremisinov.mv@yandex.ru
[2]Вятская православная гимназия

Аннотация. В статье показана проектная деятельность обучающихся на примере Вятской православной гимназии во имя преподобного Трифона Вятского. В результате исследовательской работы каждый год 20-25 % выпускников выбирает профессии, связанные с биологической и экологической направленностью (хотя в гимназии углубленное изучение гуманитарных предметов). Это будущие, агрономы, ветеринары, экологи.

Ключевые слова: проектная деятельность, экологическая культура, Вятская православная гимназия

По данным многих ученых экологическая культура это культура единения человека и окружающей его природы, в которой осуществляется гармоничное слияние сознательных нужд и потребностей человека [1, 2]. Человек, владеющий экологической культурой, может подчинить виды своей деятельности законам природопользования [1]. Что не допускает и не приводит к разрушению и загрязнению окружающей среды. С целью сохранения подходящих условий среды каждому человеку необходимо обладать научными знаниями, понимать человеческие ценности, а также выработать для полноценной жизни практические навыки и умения.

В Вятской православной гимназии формирование экологической культуры происходит через проектную и исследовательскую внеурочную деятельность при реализации групповых и индивидуальных образовательных маршрутов.

Для формирования гармонически развитой личности, способной создавать и беречь красоту в гимназии разработан и реализован групповой проект «Вертоград», который переводится с церковно-славянского как «цветущий сад». Это проект по благоустройству и эстетическому оформлению двух газонов (каждый площадью 125 квадратных метров) школьной территории у главного входа в гимназию. В нем принимают участие учащиеся, родители, учителя.

Зимой на уроках технологии продумывается дизайн – проект, закупаются семена и удобрения, составляется смету расходов. Весной выращивается рассада, размещаются на клумбах однолетние и многолетние декоративные растения. В течении лета осуществляется прополка, подкормка, полив и скашивание газонной травы с учащимися. Ежегодно с этим проектом обучающиеся участвуют в областном конкурсе «Украсим Родину цветами», награждены дипломами.

При реализации проекта выявлены учащиеся, интересующихся ландшафтным дизайном, цветоводством, экологией для дальнейшего развития их интересов и профориентации. Формирование экологической культуры

происходит через расширение знаний и трудовых навыков у учащихся по агротехнике и выращиванию растений путем закладки опытов [3-12].

Уже 20 лет учащиеся старших классов гимназии занимаются исследовательской деятельностью, выполняя интересные индивидуальные проекты по энтомологии, ландшафтному дизайну, сортовому изучению и размножению культурных растений, оценке и мерах по улучшению качества воздуха и воды в городе, культуре питания и здоровому образу жизни. Учащиеся с преподавателем выбирают актуальную тему исследования, формулируют цели и задачи, изучают необходимую литературу из разных источников, ставят и наблюдают эксперимент, оформляют его результаты, формулируют выводы и рекомендации по работе над проектом. Занятия проходят на базе гимназии, в ЦРТДЮ г Кирова, в лабораториях Вятского ГАТУ. За это время было подготовлено более 150 индивидуальных исследовательских проектов.

С исследовательскими работами школьники выступают в Российской научно-социальной программе для молодежи и школьников «Шаг в будущее» по Кировской области и Приволжскому Федеральному округу, выступая с докладами на гимназических и городских конференциях, выставках, региональных и Российских конгрессах молодых исследователей, на Региональной конференции Малые Свято–Трифоновские чтения, на Региональном конкурсе исследовательских работ им. В.И. Вернадского. За 20 лет работы в гимназии получено более 280 дипломов 1,2,3 степени. Исследовательская направленность деятельности способствует воспитанию у школьников активного, добросовестного отношения к научному эксперименту, появлению интереса к изучению конкретных экологических проблем, повышает инициативу, активность учащихся через участие в экологических конкурсах, олимпиадах, научных конференциях.

Каждый год 20-25 % выпускников выбирает профессии, связанные с биологической и экологической наукой (хотя в гимназии углубленное изучение гуманитарных предметов). Это будущие, агрономы, ветеринары, экологи, учителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Габышева, М. Г. Система трудового воспитания и профессиональной ориентации школьников / М. Г. Габышева, А. А. Менкярова; МБОУ Хатынская средняя общеобразовательная школа им. Н. И. Прокопьева // Народное образование Якутии. – 2022. – № 2 (123). – С. 74-75.
2. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 55.
3. Гайфутдинова, А. Р. Перспективы использования *Fisherella muscicola* и азида натрия для подавления развития *Fusarium solani* / А. Р. Гайфутдинова, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – № 2. – С. 124-128.

4. Трефилова, Л. В. Эффективность использования цианоризобиального консорциума при выращивании гороха посевного / Л. В. Трефилова, М. Н. Патрушева // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – № 3. – С. 67-75.
5. Домрачева, Л. И. Использование цианобактерий как экологически безопасного метода борьбы с фузариозами / Л. И. Домрачева, А. Н. Третьякова, Л. В. Трефилова // Экология. – 2002. – № 2. – С. 46-48.
6. Получение исходного материала для селекции ярового ячменя с помощью фунгицидов / Г. П. Дудин, М. В. Черемисинов, А. В. Помелов, С. А. Емелев // Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур : материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров : Вятская ГСХА, 2017. – С. 45-48.
7. Черемисинов, М. В. Использование пестицидов как один из способов быстрого получения исходного материала в селекции ярового ячменя / М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин, А. В. Помелов // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров : Вятский государственный университет, 2017. – Книга 2. – С. 173-178.
8. Черемисинов, М. В. Использование энтомофагов в защищенном грунте / М. В. Черемисинов, Н. Г. Нагонюк // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию агрономического факультета. – Киров : Вятская ГСХА, 2014. – С. 214-216.
9. Черемисинов, М. В. Мутационное и защитное влияние протравителей семян на растения ячменя сорта Нур в третьем поколении / М. В. Черемисинов, Л. А. Тагакова // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем : материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров : Веси, 2015. – Книга 1. – С. 113-116.
10. Черемисинов, М. В. Мутагенное действие химических и биологических препаратов на ячмень сорта Биос-1 / М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин // Материалы научной сессии КФ РАЕ И КОО РАЕН. – Киров: Кировское областное Бюро медицинской статистики и информатики, 2004. – С. 294-295.
11. Черемисинов, М. В. Поражаемость мутантов ярового ячменя корневыми гнилями / М. В. Черемисинов, Р. С. Гайтукаев // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Вятка : Радуга-Пресс, 2016. – Книга 2. – С. 187-190.
12. Биоэкологическая и иммунологическая оценка зерна и растений Hordeum vulgare L. в условиях Кировской области / Т. К. Шешегова, И. Н. Щенникова, Л. М. Щеклеина, С. А. Емелев, М. В. Черемисинов, Н. А. Жилин // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 206-211.

УДК 635.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИБРИДОВ ПЕРЦА ДЛЯ УСЛОВИЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Шавкунова И. Д.[1], Руфина И. В.[2], Черемисинов М. В.[1]

[1]Вятский государственный агротехнологический университет

cheremisinov.mv@yandex.ru

[2]Лаборатория селекции и семеноводства овощных культур для условий Северо-Восточной зоны России ФГБНУ ВНИИО филиал ФНЦО

Аннотация. При выращивании перца сладкого в неотапливаемых, поликарбонатных, грунтовых теплицах по скороспелости выделились два гибрида: Викинг F1 и VS 114-23 F1, период от полных всходов до технической спелости в текущем году составил 107 дней. У гибрида сладкого перца VS 1-23 была получена наибольшая урожайность – 8,9 кг/м^2, что выше, чем у остальных гибридов на 2,5-5,5 кг/м^2. Масса плода составила 269 г.

Ключевые слова: перец сладкий, гибриды перца, Викинг $F_{1,}$ характеристика гибридов перца

Сладкий перец (*Capsicum annuum*) — это растение семейства Solanaceae (паслёновые). Сладкий или болгарский перец распространён в южных умеренных, в субтропических и тропических широтах всех континентов. Род *Capsicu*m насчитывает более 30 видов, но *Capsicum annuum* является основным видом в своём роде, так как он широко культивируется для употребления в пищу на протяжении значительного периода времени [1].

Перец – одна из самых древнейших культур. Его родина – Центральная Америка, пограничные области Мексики и Гватемалы. Именно там, при археологических раскопках в местах поселений народности сапотеков, среди прочих окаменелостей, встречаются окаменевшие стручки перца. Семена перца были завезены в Испанию в 1493 году, а затем распространились по Европе и Азии [2].

Распространяясь по планете, перец видоизменялся, приобретал новые размеры, форму плода, варианты окраски. Сладкий перец не содержит высоких концентраций капсаицина и имеет 0 баллов по шкале остроты Сковилла. Перец растёт на кустарниковых растениях, а его крупные, четырёхугольные и мясистые плоды называют ягодой. Они могут достигать веса в 500 граммов и в зависимости от спелости могут быть желтыми, оранжевыми, красными и зелеными [3].

Capsicum annuum широко культивируется и модифицируется путём селекции для получения определённых свойств, что позволяет использовать его в различных сферах. В том числе в кулинарии, народной медицине, косметологии и даже для самозащиты (перцовый баллончик).

Его можно употреблять в пищу в разном виде: в свежем, сушёном, маринованном и в виде порошка. Перец входит в состав многочисленных специй.

Болгарский перец очень богат микроэлементами, в том числе витаминами А, В, В3 и С [3].

В нашей стране, благодаря работе селекционеров, выращивание перца стало возможным не только в южных областях, но и в зоне, с крайне неблагоприятными для этого теплолюбивого растения, погодными условиями.

Кировская область – самая северная точка планеты, где профессионально ведется селекция перца. Выведено несколько сортов и гибридов, способных активно плодоносить даже в условиях средней полосы России, адаптированных к неблагоприятным погодным факторам. В технологии возделывания могут применяться регуляторы роста и химические препараты [4-9

Цель – Выявить более адаптированные к условиям Кировской области гибриды перца F_1 для защищенного грунта.

Задачи: 1. Провести оценку NN гибридов F_1 перца в условиях защищенного грунта 2 световой зоны.

2. Отобрать перспективные образцы для дальнейшего конкурсного испытания.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в селекционно-семеноводческом центре, лаборатории селекции и семеноводства овощных культур для условий северо-восточной зоны России, г. Кирова.

Материалом для исследований являются гибриды перца селекции ВНИИССОК-филиал ФГБНУ ФНЦО: VS 68-23 F1; VS 107-23 F1; VS 111-23 F1; VS 1-23 F1; VS 114-23 F1; VS 99-23 F1; VS 85-22 F1.

Методы исследований – однофакторный опыт в защищенном грунте, наблюдения, учеты.

Условия проведения исследований. Перец в поликарбонатной теплице выращивался вторым оборотом. Площадь учетной делянки 4,0 $м^2$, на 1 $м^2$ - 3,5 растения. Учеты были проведены с каждого растения отдельно.

Рассаду перцев выращивали в зимней обогреваемой теплице. Семена посеяли 26 февраля, пикировали 20 марта в фазе 1-2 настоящих листьев в пластиковые горшочки размером 9х9 см в торфосмесь с полным набором NPK и pH – 6,2-6,5.

В защищенный грунт рассаду перца высадили 7 июня с первой цветочной кистью по схеме: 90+50х40 см. Посадка рассады осуществлялась в подготовленные лунки с предварительным поливом и внесением минеральных удобрений.

Подвязку к вертикальной опоре свободной петлей провели через 3-4 дня после посадки, после укоренения растений. Для лучшего развития корневой системы в первые 5-10 дней полив не проводили.

Уход за растениями перца заключался в прополке сорняков, удалении коронного бутона, проведении подкормок, поливе по мере необходимости.

Результаты исследований**.** В опыте по перцам было изучено 7 гибридов сладкого перца селекции ВНИИССОК-филиал ФГБНУ ФНЦО.

По результатам фенологических наблюдений гибриды Викинг F_1 и VS 114-23 F_1 отнесены к ранней группе, период от всходов до технической спелости у них составил 107 дней (табл. 1).

Таблица 1 – Биологические показатели перца сладкого в фазу массового плодообразования

Образец	Продолжительность периода от всходов до технической спелости, дней	Высота растения, см	Число, шт/растение			
			плод	завязи	цветки	бутоны
Викинг F_1 (к)	107 (раннеспелый)	72,8	38,5	10,5	10,5	21,0
VS 68-23 F_1	124 (среднеспелый)	78,5	32,4	29,8	10,5	26,3
VS 107-23 F_1	124 (среднеспелый)	92,2	35,9	21,9	20,1	24,5
VS 111-23 F_1	124 (среднеспелый)	76,8	37,3	13,1	14,9	28,0
VS 1-23 F_1	142 (позднеспелый)	57,8	33,3	15,8	8,8	22,8
VS 114-23 F_1	107 (раннеспелый)	81,3	35,0	15,8	4,4	12,3
VS 99-23 F_1	142 (позднеспелый)	97,5	15,8	12,3	14,0	31,5
VS 85-22 F_1	124 (среднеспелый)	70,0	21,0	10,5	0,0	14,0

Позднее созревание плодов было у гибридов VS 1-23 F1 и VS 99-23 F1, техническая спелость у них наступала на 142 день после появления всходов.

Остальные гибриды были среднеспелыми, продолжительность периода «всходы – техническая спелость» у них составила 124 дня.

Гибрид VS 1-23 был позднеспелым, в этом варианте опыта была получена наибольшая урожайность – 8,9 кг/м^2, что выше, чем у остальных гибридов на 2,5-5,5 кг/м^2 (табл. 2). Масса плода у него составила 269 г.

Таблица 2 – Урожайность перца и характеристика плодов

Образец	Урожайность, кг/м^2	Ширина плода, см	Длина плода, см	Толщина стенки, см	Средниц вес плода, г
Викинг F_1 (к)	6,4	8,1	8,8	0,8	165
VS 68-23 F_1	5,2	8,8	7,8	0,7	158
VS 107-23 F_1	4,8	6,5	14,3	0,7	135
VS 111-23 F_1	4,1	7,2	14,6	0,7	111
VS 1-23 F_1	8,9	8,7	9,8	1,0	269
VS 114-23 F_1	4,6	6,7	11,0	0,9	131
VS 99-23 F_1	3,5	7,0	11,0	0,8	219
VS 85-22 F_1	3,4	4,9	12,8	0,6	162
$НСР_{0,5}$	0,3				

Оценка морфологических признаков показала, что селекционные образцы отличались по форме и окраске плодов (табл. 3).

Таблица 3 – Основные морфологические признаки изучаемых образцов перца сладкого

№ п/п	Образец	Форма плода	Расположение плодов на растении	Окраска плодов	
				В технической спелости	в биологической спелости
1	Викинг F_1 (к)	цилиндрический	пониклое	кремовая	красная
2	VS 68-23 F_1	кубовидный	пониклое	зеленая	оранжевая
3	VS 107-23 F_1	конусовидный	пониклое	светло-зеленая	красная
4	VS 111-23 F_1	конусовидный	пониклое	светло-зеленая	малиновая
5	VS 1-23 F_1	призмовидный	пониклое	зеленая	-
6	VS 114-23 F_1	конусовидный	пониклое	кремовая	красная
7	VS 99-23 F_1	призмовидный	пониклое	зеленая	-
8	VS 85-22 F_1	конусовидный	пониклое	светло зеленая	красная

Форма плода у четырех образцов – конусовидная, у двух – призмовидная, у Викинга F1 – цилиндрическая, у VS 68-23 F1 – кубовидная.

Заключение. При выращивании перца сладкого в неотапливаемых, поликарбонатных, грунтовых теплицах по скороспелости выделились два гибрида: Викинг F1 и VS 114-23 F1, период от полных всходов до технической спелости в текущем году составил 107 дней.

У гибрида сладкого перца VS 1-23 была получена наибольшая урожайность – 8,9 кг/м^2, что выше, чем у остальных гибридов на 2,5-5,5 кг/м^2. Масса плода составила 269 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата и перца для открытого и защищенного грунта / ВАСХНИЛ, ВНИИССОК. – Москва, 1983. – 126 с.
3. Руфина, И. В. Гибриды овощных культур, пригодные для выращивания в поликарбонатной теплице второй световой зоны / И. В. Руфина, Е. П. Макарова // Материалы V Международной научно-практической конференции «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». – Киров : ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, 2019. – С. 117-119.
4. Черемисинов, М. В. Росторегулирующее действие препаратов на ячмене сорта Биос-1 / М. В. Черемисинов, А. В. Помелов // Науке нового века – знания молодых : Тезисы докладов 2-ой научной конференции аспирантов и соискателей. – Киров : Вятская ГСХА, 2002. – С. 36-38.

5. Черемисинов, М. В. Влияние регуляторов роста и протравителей семян на площадь листьев ячменя / М. В. Черемисинов, С. А. Емелев // 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 : ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, 2020. – С. 244-246.
6. Ренгартен, Г. А. Использование индуцированного мутагенеза с целью создания исходного материала ячменя в Вятской сельскохозяйственной академии / Г. А. Ренгартен, С. А. Емелев, М. В. Черемисинов // Вестник Вятской ГСХА. – 2020. – № 3(5). – С. 4.
7. Черемисинов, М. В. Изучение поражаемости мутантов ярового ячменя болезнями и вредителями на естественном фоне / М. В. Черемисинов, С. А. Емелев // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию со дня образования агрономического факультета ФГБОУ ВО Вятская ГСХА. – Киров : Вятская ГСХА, 2019. – С. 454-458.
8. Домрачева, Л. И. Использование цианобактерий как экологически безопасного метода борьбы с фузариозами / Л. И. Домрачева, А. Н. Третьякова, Л. В. Трефилова // Экология. – 2002. – № 2. – С. 46-48.
9. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 55.

Научное издание

Коллектив авторов

Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах

Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной

1 июля 2025 г.

Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.
Все права на размножение и распространение сборника материалов научно-практической конференции «Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах» в любом формате остаются за ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ.

Сборник составлен с оригинал-макетов, предоставленных авторами.

ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133.
Тел. 54-86-88, факс. (8332) 548633, e-mail – info@vgsha.info http://www.vgsha.info