

редакцией В.В. Глупова. М.: Круглый год, 2001. С. 271 - 351.

Горюнова О.Б. Разработка биологического препарата для борьбы с личинками комаров. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук / РХТУ им. Д.И. Менделеева. М., 2009. 25 с.

Борисов Б.А., Жирков В.М., Глупов В.В., Леднев Г.Р., Володина Л.И., Лиховидов В.Е., Согонов М.В. Роль Лазовского заповедника в сохранении биоразнообразия грибов сем. *Clavicipitaceae* - потенциальных продуцентов биопестицидов и фармацевтических препаратов // Научные исследования природного комплекса Лазовского заповедника. Труды Лазовского государственного природного заповедника им.Л.Г. Капланова. 2005. Вып.3. С. 27-51.

Ануфриев Г.А., Белокобыльский С.А., Беляев Е.А. и др. Насекомые Лазовского заповедника. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 464 с

Zha L.-S., Kryukov V.Y., Ding J.-H., Jeewon R., Chomnunti P. Novel taxa and species diversity of *Cordyceps* sensu lato (*Hypocreales*, *Ascomycota*) developing on wireworms (Elateroidea and Tenebrionoidea, Coleoptera) // MycoKeys. - 2021. - №78. - P. 79–117

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСОРЦИУМОВ МИКРООРГАНИЗМОВ И ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Бухарина И.Л., Исламова Н.А., Исупова А.А.
Удмуртский государственный университет, Ижевск

Аннотация. Проведены исследования пределов устойчивости к действию различных концентраций нефти у ряда изолятов (культур) микроскопических эндотрофных грибов, выделенных из урбанопочв с высоким уровнем загрязнения. Выявлены широкие пределы толерантности микроскопических грибов *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum* к содержанию нефти. Исследована эффективность очистки и восстановления биологической активности нефтезагрязненных земель при использовании консорциума биоремедиантов: биопрепарата «Микрозим Петро Трит», содержащего ряд бактерий деструкторов нефти, фиторемедианта (Мятлик луговой *Poa pratensis* L.) и микроскопических грибов. Проведен лабораторный эксперимент по моделированию 5 и 10% загрязнения земель (разного гранулометрического состава) нефтью. Установлена наибольшая эффективность при использовании *Cylindrocarpon magnusianum*. По окончании эксперимента в вариантах с 5% внесением нефти на обоих типах почв и при 10% загрязнении нефтью (супесь) содержание нефти было достоверно ниже, чем в контроле (использование

лишь биопрепарата). На среднесуглинистой почве при 5 и 10% содержании нефти показатель инвертазной активности почв по окончании эксперимента превышал контроль в варианте фитомелиорант+грибы, и максимально в варианте полного консорциума биоремедиантов. На супесчаных почвах достоверное увеличение биологической активности почв по сравнению с контролем установлено лишь при 5% внесении нефти и лишь в варианте использования полного консорциума мелиорантов. Полученные результаты позволяют констатировать эффективность совместного действия биопрепарата и микроскопических грибов в очистке и восстановлении нефтезагрязненных почв.

В природных условиях с непостоянством климатических и физико-химических параметров, а также наличием факторов, ингибирующих рост микроорганизмов, продолжительность утилизации нефтяных углеводов значительно возрастает и требует многократного внесения биопрепаратов и минеральных удобрений. Существует проблема узкого диапазона применения углеводородокисляющих микроорганизмов при проведении биологического этапа рекультивации нефтезагрязненных почв. Появляется необходимость в применении биологических препаратов совместно с популяциями других биологических агентов, которые способны не только поддерживать необходимый микроэлементный состав в очищаемой почве, но и полностью формировать почвенную экосистему. Такими биологическими агентами являются, к примеру, микроскопические эндотрофные грибы, которые способны усиливать роль нефтеразрушающих микроорганизмов и повышать устойчивость растений при проведении биологического этапа рекультивации земель. Микроскопические эндотрофные грибы создают благоприятную среду для углеводородокисляющих микроорганизмов, поддерживая оптимальное значение рН почвенного раствора, уровень влажности почвы, эффективное использование минеральных элементов[1, 2-5].

Были проведены исследования по выявлению пределов устойчивости к действию различных концентраций нефти у ряда изолятов (культур) микроскопических эндотрофных грибов, выделенных из урбанопочв с высоким уровнем загрязнения [6, 7, 8]. Микромицеты высаживали на субстраты с внесением нефти в различных концентрациях, наблюдали за динамикой роста и размерами колоний мицелия грибов (таблицы 1 и 2). Оба микромицета способны выживать при высоких концентрациях нефти (до 10%) в субстрате, но они используют разные механизмы для выживания. *Fusarium equiseti* в начале эксперимента отличался активным ростом, далее наблюдалось снижение скорости роста колоний. *Cylindrocarpon magnusianum*, наоборот, в начале эксперимента не отличался активным ростом (период адаптации), а со второй недели эксперимента

проявлял высокие показатели роста колоний мицелия. Таким образом, можно отметить видоспецифические стратегии адаптации грибов в условиях нефтяного загрязнения, которые показали, что оба вида можно использовать в технологиях биорекультивации, но при разных условиях. *F. equiseti* целесообразно использовать при низких концентрациях нефти в субстрате и при необходимости быстрого восстановления почвы. *S. magnusianum* рекомендовано использовать при длительном нефтяном загрязнении и высоких концентрациях нефти.

Таблица 1. Скорость роста колоний мицелия *Fusarium equiseti* (мм/сут.)

	Контроль	Содержание нефти в субстрате				
		1%	2,5%	5%	7,5%	10%
1 неделя	6,5	6,8	7,2	6,8	2,5	2
2 недели	2,3	2,7	1,9	2,3	3,4	2,5
3 недели	2	0,9	0,3	0	1,6	0

Таблица 2. Скорость роста колоний мицелия *Cylindrocarpon magnusianum* (мм/сут.)

	Контроль	Содержание нефти в субстрате				
		1%	2,5%	5%	7,5%	10%
1 неделя	2	1,4	1,3	1,1	0,9	0,7
2 недели	4,5	4	2,9	3,4	2,1	2,3
3 недели	2,9	3,7	0,3	2	1,9	3,2

Далее в условиях лабораторных экспериментов было исследовано влияние сочетания биопрепарата «Микрозим Петро Трит», содержащего ряд бактерий деструкторов нефти, и микроскопических грибов на эффективность разложения нефти. Опыт включал ряд вариантов: биопрепарат «Микрозим Петро Трит» (Контроль); фиторемедиант (мятлик луговой - *Poa pratensis L.*); фиторемедиант + микроскопические грибы; «Микрозим Петро Трит» + фиторемедиант + микроскопические грибы (консорциум). Эксперимент проводился на двух типах почв по гранулометрическому составу: супесь и средние суглинки.

Продолжительность эксперимента составила 6 месяцев. Эксперимент был проведен в моделируемых условиях климатической камеры BINDERKWF: дневной режим: температура +23°C, максимальное

освещение 15000 лк и вентиляция; ночной режим: температура +18°C, вентиляция и отсутствие освещения. Вносили согласно схеме эксперимента «Микрозим Петро Трит» в виде водной суспензии из расчета 1 и 1.5 г на 1 кг почвы в вариантах 5 и 10% загрязнения нефтью соответственно. Спустя 10 дней в соответствующие схеме варианты опыта были посеяны семена мятлика лугового (норма высева 10–15 г/м²). Через 10 дней после прорастания семян в соответствующие варианты опыта была внесена грибная суспензия (25 мл на 1 делянку). Для производства суспензии («Способ приготовления и внесения микромицетного биопрепарата для повышения устойчивости растений», патент на изобретение 2722206 С1, 28.05.2020) [9], были использованы культуры эндотрофных микромицетов *F. equiseti* и *C. magnusianum*.

По завершении эксперимента был проведен анализ почв на содержание нефти (ПНД Ф 16.1:2.2.22-98) [10, 11, 12], а также инвертазной активности почв (метод В.Ф. Купреевича, Т.А. Щербаковой). Обработку результатов эксперимента проводили с использованием статистического пакета Statistica 13.0.

Результаты исследований показали наибольшую эффективность использования в консорциуме *Cylindrocarpon magnusianum*. По окончании эксперимента установлено, что в вариантах с 5% внесением нефти (средние суглинки), ее содержание составило: в Контроле 9900±1500 мг/кг; в вариантах фиторемедиант и фиторемедиант + грибы 13800±3500 и 10100±2500 мг/кг соответственно, что находится в рамках статистической погрешности. Достоверно эффективные различия получены при использовании полного консорциума ремедиантов и составило 5400±1600 мг/кг. Также достоверная разница результатов установлена и при 10% загрязнении, причем именно при использовании консорциума ремедиантов (Контроль - 20300±2100 и полный консорциум - 14300±2800). На супесчаных почвах также зафиксировано достоверное снижение содержания нефти в варианте полного консорциума по сравнению с контролем (11000±2800 и 7000±1300 соответственно), но лишь при моделировании 5% загрязнения почв нефтью.

Также оценивали показатель биологической (инвертазной) активности почв. На среднесуглинистой почве при 5 и 10 % содержании нефти показатель инвертазной активности почв превышал контроль (11.5±1.4, доверительный интервал среднего значения 10.1...12.9 и 13.5 ± 1.1 доверительный интервал 12.4...14.6 соответственно) в варианте фиторемедиант + грибы (18.2±0.7 доверительный интервал 17.5...18.9 и 21.1 ± 0.8 доверительный интервал 20.3...21.9 соответственно) и максимально в варианте полного консорциума биоремедиантов (19.9±0.7, доверительный интервал 19.2...20.6 и 22.3 ± 0.9, доверительный

интервал 21.,4...23.,2 соответственно при 5 и 10% загрязнении нефтью). На супесчаных почвах достоверное увеличение биологической активности почв по сравнению с контролем установлено при 5% внесении нефти в варианте в использования полного консорциума ремедиантов (27.6 ± 2.4 , доверительный интервал 25.2...30.0, где контроль 21.0 ± 3.3 , доверительный интервал 17.7...24.3)

Данные результаты позволяют констатировать эффективность совместного действия биопрепарата и микроскопических грибов в очистке и восстановлении нефтезагрязненных земель.

Список литературы

1. Лямзин В.И., Бухарина И.Л., Здобяхина О.В., Исламова Н.А. и др. Исследование эффективности совместного применения биопрепарата нефтедеструктора и эндотрофных грибов на этапе биологического восстановления нефтезагрязненных земель // Астраханский вестник экологического образования. – 2018. – № 3 (45). – С. 94-98.
2. Domka A. M. Are Fungal Endophytes Merely Mycorrhizal Copycats? The Role of Fungal Endophytes in the Adaptation of Plants to Metal Toxicity [Электронный ресурс] / А. М. Domka, P. Rozpadek, K. Turnau // *Frontiers in Microbiology*. – Vol. 10. – 2019.
3. Halleen F., Schroers H.J., Groenewald J.Z., Crous P.W. Novel species of *Cylindrocarpon* (Neonectria) and *Campylocarpon* gen. nov. associated with black foot disease of grapevines (*Vitis spp.*) // *Studies in Mycology*. – Vol. 50. – 2004. – P.431–455.
4. Hou L., Yu J., Zhao L. and He X. Dark Septate Endophytes Improve the Growth and the Tolerance of *Medicago sativa* and *Ammopiptanthus mongolicus* Under Cadmium Stress // *Frontiers in Microbiology*. – Vol. 10. – 2020. – P. 1-17.
5. Maci Vicente J.G., Jansson H. B., Talbot N.J., Lopez Llorca L.V. Real time PCR quantification and live cell imaging of endophytic colonization of barley (*Hordeum vulgare*) roots by *Fusarium equiseti* and *Pochonia chlamydosporia* // *New Phytologist*. – Vol. 182 (1). – 2009. – P. 213-228.
6. Бухарина И.Л., Исламова Н.А., Жавад А.Ф., Абдуллах М.Р. и др. Влияние инокулята *Cylindrocarpon magnusianum* на формирование адаптивных реакций растений к стрессовым факторам // *Аграрная Россия*. – 2019. – № 12. – С. 26-32.
7. Bukharina I.L., Islamova N.A., Lebedeva M.A. Species of fungi in the root system of woody plants in urban plantations // *The Fourth International Scientific Conference Ecology and Geography of Plants and Plant Communities*. Сер. "KnE Life Sciences" – 2018. – P. 49-55.
8. Bukharina I., Franken P., Kamasheva A., Vedernikov K. and Islamova N. About the species composition of microscopic fungi in soils and woody plant

roots in urban environment // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – Vol.7 (4). – 2016. – P. 1386-1394.

9. Бухарина И.Л., Исламова Н.А. Патент на изобретение 2722206 С1, 28.05.2020. «Способ приготвления и внесения грибного биопрепарата для повышения устойчивости растений».

10. ГОСТ Р 54039-2010. Экспресс-метод спектроскопии в ближней инфракрасной области для определения содержания нефтепродуктов.

11. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов практическое руководство. 2000.

12. Рябов В.Д. Химия нефти и газа: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ». 2009. С.336.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ ГРИБА *LENTINUS EDODES* CNMN FB 01 В УСЛОВИЯХ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Дворнина Е.Г., Чилочи А.А., Булимага В.П.,
Лаблюк С.В., Матрой А.А.
Технический университет, Кишинев, Молдова

Несомненный интерес представляет исследование влияния некоторых элементов на рост и развитие съедобных грибов, поскольку одним из наименее изученных аспектов биохимии физиологии высших грибов справедливо считается их отношение к различным макро- и микроэлементам (1).

Было изучено влияние координационных соединений (КС) металлов (бария, стронция и кальция) с одним и тем же лигандом, а также самого лиганда и координационного соединения Fe(III) другой структуры, содержащего в качестве лиганда шиффово основание: 2,6-diacetylpyridin-bis-(picolinolylhydrazon)-bis-(aqua)fer(III), на накопление грибной биомассы базидиомицета *Lentinus edodes* CNMN FB 01 в динамике его глубинного культивирования (6, 7, 8 сутки). Координационные соединения вносились в питательную среду в трех концентрациях – 5, 10, 15 мг/л. Для контрольного варианта использовалась питательная среда без координационных соединений.

Полученные результаты представлены в таблице и показывают, что в контрольном варианте без КС уровень накопления биомассы составил 15,32 г/л (6 сутки), 15,29 г/л (7 сутки) и 16,37 г/л (8 сутки). Результаты показывают, что на 6 и 7 сутки культивирования продуцента количество синтезируемой биомассы практически совпадает, а максимум ее синтеза наблюдается на 8 сутки.