



DOI: 10.22363/2313-2310-2024-32-3-251-258

EDN: ZXAZWY

УДК 582.284:612.396.11:574(045)

Научная статья / Research article

Оценка влияния полисахарида вешенки обыкновенной на устойчивость растений к токсическому воздействию нефтезагрязнений методом биотестирования

Е.А. Логачева^{ORCID}, О.О. Бабичева[✉], Л.В. Карпунина^{ORCID}

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация

[✉olesya.sultanova.98@mail.ru](mailto:olesya.sultanova.98@mail.ru)

Аннотация. В настоящее время во многих странах мира возрос интерес к поиску и изучению биологически активных соединений среди высших базидиомицетов. Полисахариды базидиомицетов находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Традиционно использование базидиомицетов проводится по трем основным направлениям: фармацевтическое, пищевое и экологическое. В связи с этим потребность в этих биополимерах неуклонно возрастает и требует изучения свойств перспективных полисахаридов грибного происхождения. На сегодняшний день внедрение их в производство является актуальной задачей современной биотехнологии.

Ключевые слова: базидиомицеты, вешенка обыкновенная, полисахариды, нефтезагрязнения, всхожесть, энергия прорастания

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

История статьи: поступила в редакцию 10.05.2023; доработана после рецензирования 12.10.2023; принята к публикации 20.04.2024.

Для цитирования: Логачева Е.А., Бабичева О.О., Карпунина Л.В. Оценка влияния полисахарида вешенки обыкновенной на устойчивость растений к токсическому воздействию нефтезагрязнений методом биотестирования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2024. Т. 32. № 3. С. 251–258. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-3-251-258>

© Логачева Е.А., Бабичева О.О., Карпунина Л.В., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Evaluation of the effect of oyster mushroom polysaccharide on the resistance of plants to the toxic effects of oil pollution by biotesting

Ekaterina A. Logacheva^{ORCID}, Olesya O. Babicheva[✉], Lidia V. Karpunina^{ORCID}

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation*
✉olesya.sultanova.98@mail.ru

Abstract. Currently, interest in the search and study of biologically active compounds among higher basidiomycetes has increased in many countries of the world. Polysaccharides of basidiomycetes are widely used in various sectors of the national economy. Traditionally, the use of basidiomycetes is carried out in three main areas: pharmaceutical, food and environmental. In this regard, the need for these biopolymers is steadily increasing and requires the study of the properties of promising polysaccharides of fungal origin. To date, their introduction into production is an urgent task of modern biotechnology.

Keywords: Basidiomycetes, oyster mushroom, polysaccharides, oil pollution, germination, germination energy

Authors' contribution. All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Article history: received 10.05.2023; revised 12.10.2023; accepted 20.04.2024.

For citation: Logacheva EA, Babicheva OO, Karpunina LV. Evaluation of the effect of oyster mushroom polysaccharide on the resistance of plants to the toxic effects of oil pollution by biotesting *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2024;32(3):251–258. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-3-251-258>

Введение

Высшие грибы – базидиомицеты имеют в своем составе широкий спектр различных биологически активных веществ, таких как полисахариды, терпены, протеины, пигменты, фенольные соединения, в том числе флавоноиды и др. [1]. Среди вышеперечисленных веществ наиболее широкий спектр применения имеют полисахариды, которые являются сырьевым источником в фармацевтической, пищевой и косметологической промышленности [2–7]. Кроме того, полисахариды высших грибов активно применяются и в сельском хозяйстве. Установлено, что биопрепараты, содержащие в своем составе полисахариды, увеличивают всхожесть и энергию роста растений. Растения, обработанные препаратами на основе полисахаридов, активно поглощают воду и минеральные вещества, тем самым катализируя фотосинтетическую активность и ускоряя созревание урожая [8; 9], способствуют повышению устойчивости растений к стрессам и фитопатогенным организмам на ранних стадиях онтогенеза, а также защищают от негативного воздействия экстремальных факторов (температуры, высушивания, УФ-радиации). Целью данной работы явилось изучение защитных свойств полисахаридов высших базидиальных грибов по отношению к токсическому воздействию нефтезагрязнений, широко распространенных в урбанизированных средах.

Методы и объекты исследования

Для оценки воздействия полисахаридов высших грибов – вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) на прорастание семян растений в условиях загрязнения нефтепродуктами методом биотестирования использовали следующие тест-объекты: райграс многоукосный (*Lolium multiflorum* L.) (семейство Злаковые), используемый в травосмесях для газонов, применяемых в озеленении городской среды [10; 11] и кресс-салат (*Lepidium sativum* L.), сорт Ажур (семейство Крестоцветные).

В качестве загрязнителя использовали бензин марки АИ-92, дизельное топливо (ДТ), моторное масло Sintec, в трех концентрациях: 1, 5, 10 %.

Опытные образцы были обработаны раствором полисахарида *P. ostreatus* 0,06 % концентрации путем замачивания на 15 минут.

По количеству проросших семян определяли энергию прорастания и всхожесть семян: у кресс-салата – на 3-й и 5-й день, у райграса на 4-й и 8-й, в соответствии с ГОСТ 32592-2013¹.

При учете энергии прорастания подсчитывали нормально проросшие и незагнившие семена, а при учете всхожести отдельно – нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена. К числу нормально проросших относят хорошо развитые корешки, развитые и неповрежденные подсемядольное колено, две семядоли. К числу непроросших относят набухшие семена, которые к моменту окончательного учета всхожести не проросли, но имеют здоровый вид, твердые семена, которые не набухли и не изменили своего внешнего вида, в соответствии с ГОСТ 32592-2013 [12]².

Энергию прорастания V , %, определяли в процентах по формуле

$$V = \frac{a}{b} \times 100 \%,$$

где a – число проросших семян; b – общее число семян, взятых для опыта.

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности оцениваемого фактора для каждого биологического тест-объекта.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли по стандартным методам с использованием параметрического t -критерия Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0,05$), а также с помощью методов параметрического и непараметрического анализа с использованием пакетов прикладных программ Statistica 8.0 for Windows (StatSoft Russia) и Microsoft Office Excel 2007.

¹ ГОСТ 32592-2013. Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. URL: [https://internet-law.ru/gosts/gost/57229/function\(\)%7Bfor\(var%20a=\[\],b=0;b%3Cthis.length;b++\)a.contains\(this\[b\]\)%7C%7Ca.push\(this\[b\]\);return%20a%7D?ysclid=izcq5c7vwdw286804155](https://internet-law.ru/gosts/gost/57229/function()%7Bfor(var%20a=[],b=0;b%3Cthis.length;b++)a.contains(this[b])%7C%7Ca.push(this[b]);return%20a%7D?ysclid=izcq5c7vwdw286804155) (дата обращения: 01.10.2023).

² Там же.

Результаты исследований

Изучение влияния полисахарида *P. ostreatus* на некоторые процессы жизнедеятельности райграсса многоукосного и кресс-салата проводили в смоделированных условиях техногенного загрязнения методом биотестирования [12; 13]. Полисахарид грибов выделяли по методу Т.В. Тепляковой и др.³ Для этого загрязнение создавали внесением на дно чашки Петри загрязнителя и воды в расчете: для концентрации 1 % – 0,01 загрязнителя и 1 мл воды, для концентрации 5 % – 0,05 загрязнителя и 1 мл воды, для концентрации 10 % – 0,1 загрязнителя и 1 мл воды, затем на увлажненную фильтровальную бумагу помещали изучаемые семена тест-объектов в количестве 100 шт. (по 10 в каждую).

В процессе исследований, результаты которых отражены в табл. 1, было показано, что при воздействии бензина АИ-92 разных концентраций (1, 5 и 10 %) на семена райграсса многоукосного в опытных образцах, обработанных раствором полисахарида вешенки, отмечался больший процент всхожести, превышающий контрольные значения (семена, не обработанные полисахаридом) в 1,1; 1,2 и 1,4 раза соответственно, а энергия прорастания превышала контроль в 5 раз (только при концентрации АИ-92 10 %).

Таблица 1. Влияние полисахарида вешенки на всхожесть и энергию прорастания семян райграсса в условиях загрязнения /
Table 1. Effect of oyster mushroom polysaccharide on germination and germination energy of ryegrass seeds under pollution conditions

Загрязнитель/ Pollutant	Всхожесть/Germination		Энергия прорастания/Germination energy	
	Опыт/Experience	Контроль/Control	Опыт/Experience	Контроль/Control
	<i>M±m</i>	<i>M±m</i>	<i>M±m</i>	<i>M±m</i>
АИ 92 1 %	94,0±2,0*	85,0±2,9	74,0±5,9	64,0±5,9
АИ 92 5 %	75,0±2,9*	60,0±4,5	36,0±6,6	24,0±6,1
АИ 92 10 %	40,0±4,1*	28,0±1,8	30,0±5,1*	6,0±5,0
ДТ 1 %	88,0±3,8	80,0±4,1	50,0±10,7	34,0±6,9
ДТ 5 %	60,0±2,3	56,0±8,6	34,0±5,1*	20,0±4,5
ДТ 10 %	52,0±5,5*	38,0±1,5	24,0±5,9*	10,0±3,2
Масло/ Oil 1 %	52,0±3,8	42,0±3,8	30,0±3,2*	6,0±2,5
Масло/ Oil 5 %	43,9±4,0*	30,0±4,5	16,0±2,5*	0
Масло/ Oil 10 %	14,0±4,0	4,0±1,9	4,0±2,0	0

Примечание: * $p \leq 0,05$ относительно контроля. Источник: составлено авторами.
Note: * $p < 0.05$ relative to the control. Source: compiled by the authors.

В отношении ДТ положительное влияние ПС вешенки на всхожесть было установлено только при концентрации ДТ 10 %, которая превышала контроль в 1,4 раза, а скорость прорастания в опыте была больше в 1,7 и 2,3 раза при концентрации 5 и 10 %.

В случае загрязнения маслом семян райграсса, как видно из данных табл. 1, положительное влияние ПС вешенки на всхожесть было обнаружено

³ Пат. 2657431С1 Российская Федерация, МПКА61К 36/06(2006.01), В01D 11/02(2006.01), В01J 19/10(2006.01) / Теплякова Т. В. и др.; Общество с ограниченной ответственностью «Микопро» (ООО «Микопро») (RU). № 2000131736/09; заявл. 23.10.2017.; опубл. 13.06.2018.

только при концентрации 5 % (всхожесть растений была больше по сравнению с контролем в 1,5 раза), а энергия прорастания при концентрации 1 % была больше контроля в 5 раз, а при концентрации 5 % в контроле энергия прорастания не выявлена.

В отношении семян кресс-салата результаты отражены в табл. 2, видно, что при воздействии бензина АИ-92 разных концентраций (1, 5 и 10 %) в опытных образцах, обработанных раствором полисахарида вешенки, отмечался больший процент всхожести по сравнению с контролем только в отношении 1%-й концентрации в 1,2 раза, а энергия прорастания превышала контроль в 1,6 раза при концентрации АИ-92 5 %, а при концентрации 10 % энергия прорастания была обнаружена только в опыте.

Таблица 2. Влияние полисахарида вешенки на всхожесть и энергию прорастания кресс-салата в условиях загрязнения /
Table 2. The effect of oyster mushroom polysaccharide on the germination and germination energy of watercress in polluted conditions

Загрязнитель/ Pollutant	Всхожесть/Germination		Энергия прорастания/Germination energy	
	Опыт/Experience	Контроль/Control	Опыт	Опыт/Experience
	M±m	M±m	M±m	M±m
АИ 92 1 %	95,0±4,1*	78,0±4,8	80,0±5,0	68,0±4,2
АИ 92 5 %	58,0 ±2,4	60,0±3,2	56,0±7,1*	36,0±5,1
АИ 92 10 %	50,0 ±3,1	50,0±3,2	12,0±2,5*	0
ДТ 1 %	24,0±2,5	18,0±2,5	28,0±4,2*	12,0±2,7
ДТ 5 %	16,0±2,6*	8,0±0,9	14,0±2,5	12,0±2,0
ДТ 10 %	12,0±2,6*	6,0±2,0	8,0±3,4*	0
Масло/ Oil 1 %	16,0±2,5*	10,0±4,5	14,0±5,2	8,0±3,8
Масло/ Oil 5 %	2,0±2,2	4,0±3,0	6,0±2,5*	0
Масло/ Oil 10 %	4,0±2,5	0	0	0

Примечание: * $p \leq 0,05$ относительно контроля. Источник: составлено авторами.
Note: * $p < 0.05$ relative to the control. Source: compiled by the authors.

В отношении ДТ положительное влияние ПС вешенки на всхожесть было установлено при концентрации ДТ 5 и 10 %, которая превышала контроль в 2 раза в обоих случаях, а энергия прорастания при концентрации данного загрязнителя 1 % в опыте была больше в 2,3, а при концентрации ДТ 10 % энергия прорастания была обнаружена только в опыте.

В отношении масла положительное влияние ПС вешенки на всхожесть было установлено при концентрации 1 и 5 %, которая превышала контроль в 1,6 раза, а энергия прорастания была обнаружена в опыте при концентрации 5 %.

Заключение

Таким образом, показано, что полисахариды вешенки (*P. ostreatus*) способны оказывать положительное влияние на всхожесть и энергию прорастания семян райграсса многоукосного и семян кресс-салата в условиях загрязнения. Наибольшая всхожесть при обработке семян райграсса многоукосного полисахаридом вешенки была обнаружена при загрязнении бензином

АИ-92 в концентрации 1, 5 и 10 % и ДТ – 10 %, моторным маслом Sintec – 5 %, а энергия прорастания – при загрязнении 10 % бензина АИ-92, 5 и 10 % ДТ, 1 и 5 % моторного масла Sintec; при обработке семян кресс-салата при загрязнении бензином АИ-92 в концентрации 1, 5 и 10 %, а ДТ – 10 %, моторным маслом Sintec – 1 %, а энергия прорастания – при загрязнении 10 % бензина АИ-92, 5 и 10 % ДТ, 1 и 5 % моторного масла Sintec.

Список литературы

- [1] *Simon B., Anke O.* Hydroxylated unsaturated fatty acid from cultures of a *Filoboletus* species // *Phyto-chemistry*. 1994. Vol. 3. P. 815–816.
- [2] *Белова Н.В.* Современные направления исследования и методы анализа макромицетов // *Современная микология в России: материалы 2-го съезда микологов России*. М.: Национальная академия микологии, 2008. Т. 2. 107 с.
- [3] *Лебедева Г.В., Проскуряков М.Т., Кожухова М.А.* Выделение и характеристика фермента сычужного действия из плодовых тел вешенки обыкновенной // *Пищевая химия*. 2008. № 1. С. 143–151.
- [4] *Псурцева Н.В., Белова Н.В.* Биотехнология возможности использования коллекционных культур базидиомицетов // *Биотехнология*. 1994. № 7. С. 35–45.
- [5] *Сакович В.В., Жерносеков Д.Д.* Базидиомицеты как источники биологически активных веществ // *Вестник Полесского государственного университета*. 2018. № 4. С. 145 – 151.
- [6] *Asgher M., Ashraf H.N., Legge R.L.* Use of Basidiomycetes in Industrial Waste Processing and Utilization Technologies: Fundamental and Applied Aspects // *Biodegradation*. 2008. Vol. 3. 19. P. 771–775.
- [7] *Palmieri G., Bianco C., Cennamo G.* Purification, characterization and functional role of novel extracellular protease from *Pleurotus ostreatus* // *Applied and Env. Microbiology*. 2001. Vol. 3. 67 P. 172–184.
- [8] *Горин С.Е., Свиридов А.Ф., Бабьева И.П.* Перспективы изучения внеклеточных полисахаридов дрожжей // *Микробные метаболиты*. М.: Наука, 1979. 347 с.
- [9] *Карпунина Л.В., Урядова Г.Т., Фокина Н.А.* Изучение бактерицидных и фунгицидных свойств молочнокислых бактерий // *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. № 4 (20). С. 117–124.
- [10] *Ерема И.А., Созинов О.В.* Газоведение. Гродно: ООО «ЮрСаПринт», 2015. 56 с.
- [11] *Хисматуллин М.М., Миннулин Г.С., Сафиоллин Ф.Н.* Использование традиционных и жидких концентрированных комплексных удобрений при возделывании злаковых травосмесей с участием райграса многоукосного // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33, № 5. С. 14–17.
- [12] *Лузянин С.Л., Неверова О.А.* Биоиндикация и биотестирование состояния окружающей среды: практикум. Кемерово: КеМГУ, 2020. 135 с.
- [13] *Назаренко Н.Н., Мосиенко М.Ю.* Биоиндикация окружающей среды. Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2019. 115 с.

References

- [1] *Simon B, Anke T, Sterner O.* Hydroxylated unsaturated fatty acid from cultures of a *Filoboletus* species. *Phyto-chemistry*. 1994;3:815–816.
- [2] *Belova NV.* Modern directions of research and methods of analysis of macromycetes. *Modern mycology in Russia: Materials of the 2nd Congress of mycologists of Russia*. Moscow: National Academy of Mycology; 2008; vol. 2.

- [3] Lebedeva GV, Proskuryakov MT, Kozhukhova MA. Isolation and characterization of an enzyme of rennet action from the fruit bodies of oyster mushrooms. *Food chemistry*. 2008;1:143–151.
- [4] Psurtseva NV, Belova NV. Biotechnology of the possibility of using collection cultures of basidiomycetes. *Biotechnology*. 1994;7:35–45.
- [5] Sakovich VV, Zhernosekov DD. Basidiomycetes as sources of biologically active substances. *Bulletin of the Polesky State University*. 2018;4:145–151.
- [6] Asgher M, Ashraf HN, Legge RL. Use of Basidiomycetes in Industrial Waste Processing and Utilization Technologies: Fundamental and Applied Aspects Bhatti. *Biodegradation*. 2008;19:771–775.
- [7] Palmieri G, Bianco C, Cennamo G. Purification, characterization and functional role of novel extracellular protease from *Pleurotus ostreatus*. *Applied and Env. Microbiology*. 2001;3:172–184.
- [8] Gorin SE, Sviridov AF, Bab'eva IP. Prospects for the study of extracellular polysaccharides of yeast. In: *Microbial metabolites*. Moscow: Nauka; 1979.
- [9] Karpunina LV, Uryadova GT, Fokina NA. The study of bactericidal and fungicidal properties of lactic acid bacteria. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2019;4(20):117–124.
- [10] Erema IA, Sozinov OV. *Lawn science*. Grodno: YurSaPrint; 2015.
- [11] Khismatullin MM, Minnulin GS, Safiollin FN. The use of traditional and liquid concentrated complex fertilizers in the cultivation of cereal grass mixtures with the participation of multi-corn ryegrass. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019;33(5):14–17.
- [12] Luzyanin SL, Luzyanin SL, Neverova OA. *Bioindication and biotesting of the state of the environment: a workshop*. Kemerovo: KemGU; 2020.
- [13] Nazarenko NN, Mosienko MYu. *Bioindication of the environment*. Chelyabinsk: Izd-vo Yuzhno-Ural. gos. guman.-ped. un-ta; 2019.

Сведения об авторах:

Логачева Екатерина Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Ботаника и экология», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, д. 4, стр. 3. ORCID: 0009-0008-0738-9932, eLIBRARY SPIN-код: 3020-7184. E-mail: Logacheva-Katia@mail.ru

Бабичева Олеся Олеговна, аспирант, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3. E-mail: olesya.sultanova.98@mail.ru

Карпунина Лидия Владимировна, доктор биологических наук, профессор, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3. ORCID: 0000-0002-9985-9944, eLIBRARY SPIN-код: 4160-5383. E-mail karpuninal@mail.ru

Bio notes:

Ekaterina A. Logacheva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Botany and Ecology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 4, bldg 3, Pr-kt im. Pyotr Stolypin, Saratov, 410012, Russian Federation. ORCID: 0009-0008-0738-9932, eLIBRARY SPIN-code: 3020-7184. E-mail: Logacheva-Katia@mail.ru

Olesya O. Babicheva, graduate student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 4, bldg 3, Pr-kt im. Pyotr Stolypin, Saratov, 410012, Russian Federation. E-mail: olesya.sultanova.98@mail.ru

Lidia V. Karpunina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 4, bldg 3, Pr-kt im. Pyotr Stolypin, Saratov, 410012, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-9985-9944, eLIBRARY SPIN-code: 4160-5383. E-mail karpuninal@mail.ru