

- 5 Gonzalez J.M. and Jouve N. Improvement of anther culture media for haploid production in triticale. Cereal Research Com. 2000. V. 28 (1–2). P. 65–72.
- 6 Lantos C., Bona L., Boda K. Pauk J. Comparative analysis of *in vitro* anther-and isolated microspore culture in hexaploid triticale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) for androgenetic parameters. Euphytica. 2014. Vol. 197. P. 27–37. doi:10.1007/s10681-013-1031-y.
- 7 Marciniak K., Banaszak Z., Wedzony M. Effect of genotype, medium and sugar on triticale ($\times$ *Triticosecale* Wittm.) anther culture response. Cereal Research Com. 1998. Vol. 26(2). P. 145–151.
- 8 Niazian M. and Shariatpanahi M.E. *In vitro*-based doubled haploid production: recent improvements. Euphytica. 2020. Vol. 216: 69. doi:10.1007/s10681-020-02609-7.
- 9 Ponitka A. and Slusarkiewicz-Jarzina A. The effect of Liquid and Solid Medium on Production of winter Triticale (($\times$ *Triticosecale* Wittm.) Anther-Derived Embryos and Plants. Cereal Research Com. 2007. Vol. 35(1). P. 15–22.
- 10 Wędzony M., Zur I., Krzewska M., Dubas E., Szechynska-Hebda M. and Wąsek I. Doubled Haploids in Triticale. Triticale. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. 2015. P. 111–128. doi:10.1007/978-3-319-22551-7_6.
- 11 Zheng M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) – doubled haploid production via induced embryogenesis. Plant Cell Tissue Organ Cult. 2003. Vol. 73. P. 213–230.
- 12 Zhou H., Zheng Y., Konzak C.F. Osmotic potential of media affecting green plant percentage in wheat anther culture. Plant Cell Rep. 1991. Vol.10. P. 63–66.

DOI 10.18699/GPB2024-31

**Фитостимулирующие действие комплексных препаратов
на основе влагоудерживающих полимеров и клеток бактерий
Pseudomonas peli – продуцентов гидролитических ферментов
на рост кресс-салата *Lepidium sativum***

Елисеева А.Д. *, м.н.с.; Протасова Е.М., м.н.с.; Максимов А.Ю., к.б.н, с.н.с.

ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь,
Россия

*email: liamrik@list.ru

*Исследовано влияние комплексных препаратов, содержащих полимерную основу и бактериальные клетки, продуцирующие гидролитические ферменты, на рост модельного растения кресс-салата сорта Забава. Установлено, что инокуляция в почву бактериальной культуры *Pseudomonas peli* 3Т БЕЖ в комплексе с полиакриламидным гидрогелем оказывает умеренное стимулирующее действие на рост растений. Стимулирующий эффект становится более выраженным при отсутствии полимерного стабилизатора.*

*Ключевые слова: гидролитические ферменты, гидрогель, *Pseudomonas peli*, кресс-салат, бактериальные препараты.*

Phytostimulating effects of complex preparations based on moisture–retaining polymers and *Pseudomonas peli* bacterial cells – producers of hydrolytic enzymes on the growth of *Lepidium sativum* watercress

*Eliseeva A.D. *, Protasova E.M., Maksimov A.Yu.*

Perm Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

**email: liamrik@list.ru*

*The influence of complex preparations containing a polymer base and bacterial cells producing hydrolytic enzymes on the growth of a model plant of watercress variety «Zabava» was studied. It has been established that inoculation into the soil of the bacterial culture *Pseudomonas peli* 3T BEG in combination with a polyacrylamide hydrogel has a moderate stimulating effect on plant growth. The stimulating effect becomes more pronounced in the absence of a polymer stabilizer.*

*Key words: hydrolytic enzymes, hydrogel, *Pseudomonas peli*, watercress, bacterial preparations.*

Основная задача использования микроорганизмов в растениеводстве заключается в повышении урожайности путем стимуляции роста и раскрытия потенциала растений [1, 2]. В разнообразной микробиоте почвы существуют бактерии, производящие гидролитические ферменты, необходимые для гумификации органических веществ, формирования почвы, питания растений и здорового функционирования корневой системы. Интересным направлением является использование новых штаммов – продуцентов гидролитических ферментов, выделенных из защелоченных природных или техногенных источников, в составе комплексных препаратов для обработки органических остатков [3–5]. Стабильность бактериальных добавок может быть повышена в составе комплексных препаратов на полимерной основе. В полимерные гидрогели могут быть включены содержащие минеральные и органические компоненты, удобрения, микроэлементы, растительные гормоны, средства защиты от болезней, а также бактериальные клетки. Эти компоненты защищены от вымывания из почвы и остаются доступными для корней растений [6].

В данном исследовании использовали бактериальный штамм *Pseudomonas peli* 3Т БЕЖ, продуцент гидролитических ферментов – амилазы и липазы полученные из коллекции Лаборатории молекулярной биотехнологии ИЭГМ УрО РАН, ранее выделенные из образцов поверхностного грунта старой карты содового шламохранилища АО «Березниковский содовый завод». Эти культуры. В ходе эксперимента в грунт вносили суспензию клеток бактерий в количестве 50 мг клеток по сухому весу на 150 г грунта, а также использовали комплексные

препараты бактерий, которые содержали 5 г увлажненного гидрогеля полиакриламида с 15 % содержанием. В качестве модельного объекта был посажен кресс-салат сорта «Забава», в количестве 30 семян на каждый вариант. В качестве грунта использован торфогрунт из Краснокамского района Пермского края, не обогащенный удобрениями. Варианты эксперимента:

К – контроль, без внесения гидрогелей и бактериальной массы;

ГГ1 – поперечно-сшитый полимер акриламида (15 % АА) в количестве 5 г;

ГГ1 ЗТБЕЖ – комплексный препарат на основе ГГ1 и биомассы бактерий в концентрации 10^9 кл/мл в количестве 5 г;

ЗТБЕЖ Х – инактивированные клетки бактерий в концентрации 10^9 кл/мл в количестве 5 г;

ЗТБЕЖ – клетки бактерий в концентрации 10^9 кл/мл в количестве 5 г.

Выращивание проводили в условиях светокультуры в фитотроне при температуре 25 °С в условиях 15-часового фотопериода.

Результаты измерения морфометрических параметров после культивирования в течение 20-ти суток представлены в таблице.

Средние морфометрические параметры кресс-салата на 20-е сутки роста

Вариант	Количество ростков	Средняя длина побега, см	Средняя длина корня, см	Средняя масса растения, г
К	21	3,25±1,11	1,64±0,27	0,034±0,009
ГГ1	23	3,64±0,76	1,58±0,29	0,026±0,009
ЗТБЕЖ	25	4,16±1,27	1,88±1,47	0,026±0,006
ЗТБЕЖ Х	8	2,71±0,92	0,96±0,54	0,028±0,009
ГГ1 ЗТБЕЖ	20	3,64±0,74	3,46±0,68	0,027±0,004

Показано, что инокуляция бактериями *P. peli* ЗТБЕЖ в значительной степени стимулирует рост кресс-салата. Однако в вариантах с внесением бактерий в составе комплексного препарата, фитостимулирующий эффект был менее выражен, но применение такого препарата позволило сократить объем вносимой воды на 25 % по сравнению с вариантами без гидрогеля. Возможно, небольшое снижение фитостимулирующего действия объясняется тем, что происходит замедление корневой системы растений, а также диффузионными ограничениями. Однако для достижения более выраженного эффекта, необходимы дальнейшие эксперименты с оптимизацией дозировки препарата.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке государственного задания, номер государственной регистрации НИОКТР 122031100058-3, в части эксперимента в условиях светокультуры. В части микробиологических исследований и получения активного микробного препарата работа поддержана грантом № С-26/507 Минобрнауки Пермского края, в части получения комплексного препарата на основе гидрогеля – грантом УМНИК № 18124ГУ/2022.

Список литературы

- 1 Мотина Т.Ю., Дегтярева И.А., Давлетшина А.Я., Яппаров И.А., Алиев Ш.А., Бабынин Э.В. Биоудобрения комплексного действия на основе консорциума микроорганизмов и наноструктурных агроминералов для получения экологически безопасной продукции растениеводства // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 12. С. 122–126.
- 2 Самарина Л.С., Маляровская В.И., Рогожина Е.В., Малюкова Л.С. Эндوفитные микроорганизмы как промоутеры роста растений в культуре *in vitro* // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 917–927.
- 3 Демаков В.А., Максимов А.Ю., Кузнецова М.В., Овечкина Г.В., Ремезовская Н.Б., Максимова Ю.Г. Биологическое разнообразие нитрилметаболизирующих бактерий антропогенно-измененных почв Пермского края // Экология. 2007. № 3. С. 185–190.
- 4 Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г., Шилова А.В., Щетко В.А. Культуры микроорганизмов – продуцентов гидролитических ферментов, перспективные для переработки отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. 2021. Т. 13. С. 348–359.
- 5 Максимов А.Ю., Быкова Я.Е., Пьянкова Е.В., Щетко В.А., Максимова Ю.Г. Препараты гидролитических ферментов из галоалкалотолерантных бактерий для целей сельского хозяйства // Актуальная биотехнология. 2022. № 1. С. 99–101.
- 6 Максимова Ю.Г., Щетко В.А., Максимов А.Ю. Полимерные гидрогели в сельском хозяйстве (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 1. С. 23–42.

DOI 10.18699/GPB2024-32

Сложные эфиры орто-фталевой кислоты как инструмент защиты растений от фитопатогенов при прорастании семян

Еникеев А.Г.*, к.б.н., в.н.с.; Кустов В.А., вед. технолог; Пермяков А.В. к.б.н., с.н.с.; Семёнов А.А. д.х.н., вед. технолог.

ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия

*email: enikeev@sifibr.irk.ru

Сложные эфиры орто-фталевой кислоты – новая группа вторичных метаболитов растений. Функции фталатов в растениях неизвестны. При прорастании семян пшеницы выявлено значительное увеличение содержания этих соединений. Обсуждается роль фталатов в защите растений от фитопатогенов на этапе прорастания семян.

Ключевые слова: яровая пшеница, прорастание семян, защита от фитопатогенов, орто-фталаты.

Esters of ortho-phthalic acid as a tool for protecting plants from phytopathogens during seed germination

Enikeev A.G. *, Kustov V.A., Permyakov A.V., Semenov A.A.