

Э. Р. Маллеева¹, О. В. Лагодич²

УДК 632.938; 581.2

¹ Кафедра генетики, биологический факультет, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

² Кафедра генетики, биологический факультет, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *CUCUMIS SATIVUS L.* ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН БИОЭЛИСИТОРАМИ

В статье представлено исследование, в результате которого установлено, что обработка семян *Cucumis sativus L.* биоэлиситорами ризосферных бактерий *P. putida* КМБУ 4308 и *P. chlororaphis subsp. aurantiaca B-162* улучшает всхожесть семян, а также оказывает ростостимулирующий эффект и защищает растения от грибного фитопатогена лучше, чем регуляторы роста на основе янтарной кислоты (препарат «Янтарин») и эпинболида (препарат «Эпин»). Показано, что у растений, обработанных культуральной жидкостью ризобактерий, показатели прибавки длины стебля, корня и веса были больше, чем у растений, обработанных препаратами «Янтарин» и «Эпин», а также у растений контрольной группы.

Ключевые слова: ризосферные бактерии; PGPR; *Pseudomonas*; биоэлиситоры; индуцированная системная устойчивость; огурец.

Образец цитирования: Маллеева Э. Р. Оценка биометрических показателей *Cucumis sativus L.* при обработке семян биоэлиситорами / Э. Р. Маллеева, О. В. Лагодич // София: электрон. науч.-просветит. журн. – 2023. – № 1 – С. 88–93.

E. Malleyeva¹, A. Lahodzich²

¹ Department of Genetics, Faculty of Biology, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

² Department of Genetics, Faculty of Biology, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

EVALUATION OF BIOMETRIC INDICATORS OF *CUCUMIS SATIVUS L.* WHEN PROCESSING SEEDS WITH BIOELICITERS

The article presents a study, as a result of which it was established that the processing of seeds of *Cucumis sativus L.* with bioelicitors of the rhizospheric bacteria *P. putida* KMBU 4308 and *P. chlororaphis subsp. aurantiaca B-162* improves seed germination, and also has a growth-stimulating effect and protects plants from a fungal phytopathogen better than growth regulators based on succinic acid (“Yantarin”) and epibrassinolide (“Epin”). It was shown that in plants treated with rhizobacteria culture fluid, the indicators of the increase in stem length, root and weight were greater than in plants treated with “Yantarin” and “Epin”, as well as in plants of the control group.

Keywords: rhizospheric bacteria; PGPR; *Pseudomonas*; bioelicitors; induced systemic resistance; cucumber.

For citation: Malleyeva E. & Lahodzich A. Evaluation of Biometric Indicators of *Cucumis sativus L.* when Processing Seeds with Bioelicitors. Sophia. 2023;1;88–93. Russian.

Авторы:

¹ Элеонора Руслановна Маллеева – студентка 4 курса кафедры генетики биологического факультета Белорусского государственного университета.

bio.malleeva@bsu.by

Authors:

¹ Eleanora Malleyeva – 4th year Student of the Department of Genetics, Faculty of Biology, Belarusian State University.



² Оксана Владимировна Лагодич – старший преподаватель кафедры генетики биологического факультета Белорусского государственного университета.

<https://orcid.org/0009-0006-7147-0765>
lagodichov@bsu.by

² Aksana Lahodzich – Senior Lecturer, Department of Genetics, Faculty of Biology, Belarusian State University.



Огурец (*Cucumis sativus* L.) – одна из наиболее распространённых овощных культур, которая возделывается во многих странах мира. По отведенным под его выращивание площадям огурец является безусловным лидером: на его долю приходится около 70 % площадей при выращивании в защищенном грунте, а при выращивании в открытом грунте он занимает третье место после капусты и томата. В Беларуси ежегодно в открытом и защищенном грунте производится около 250 тыс. тонн огурцов, посадочная площадь при этом занимает 6 тыс. га. Однако около 20–25 % потенциального урожая теряется из-за подверженности огурцов как бактериальным, так и вирусным заболеваниям.

Снижение урожайности из-за восприимчивости растений к патогенам – была и остается одной из основных проблем сельского хозяйства [3; 5]. В настоящее время борьба с вредителями состоит в основном из агротехнических, химических и биологических приемов. Одними только агротехническими приемами часто не удается подавить массовое размножение вредителей или вспышки болезней. Использование химических средств защиты (пестициды, фунгициды, инсектициды) может отрицательно сказываться как на самих растениях, так и на здоровье человека. Пестициды могут накапливаться в обрабатываемых растениях и почве, а также оказывать губительное влияние на птиц, насекомых-опылителей и человека. Экологически безопасным методом защиты растений является создание болезнустойчивых сортов, однако невозможно создать сорт, устойчивый по отношению ко всем фитопатогенам.

В сложившейся ситуации может помочь использование биологических средств защиты, которые повышают устойчивость растений к негативным факторам биотической и абиотической природы путем активации естественных защитных механизмов. Для активации системной устойчивости растения обрабатывают индуцирующими агентами – элиситорами, которые вызывают образование физических и химических барьеров на пути проникновения и развития патогена. В качестве элиситоров могут выступать метаболиты ризосферных бактерий (феназиновые антибиотики, гибберелины, полисахариды, сидерофоры и др.), относящихся к группе PGPR-бактерий, а также органические соединения различного происхождения (янтарная кислота, этилен, АБК, жасмоновая и салициловая кислоты и др.) [2; 7; 10; 11].

Применение элиситоров для защиты растений может стать одной из эффективных наукоемких технологий растениеводства, так как элиситоры отличаются низкой токсичностью и являются безопасными для человека [9].

В связи с этим является актуальным изучение влияния биоэлиситоров различного происхождения на растения *Cucumis sativus L.*

Для проведения экспериментов были использованы штаммы PGPR-бактерий: *Pseudomonas chlororaphis subsp. aurantiaca B-162*, синтезирующий феназиновые антибиотики [8] и *Pseudomonas putida* КМБУ 4308, синтезирующий сидерофоры [1].

Объектом исследования послужили огурцы сорта «Верасень» белорусской селекции. Данный сорт чувствителен к таким заболеваниям, как фитофтороз, серая гниль, вершинная гниль и др., что дает возможность использовать его в качестве модельного объекта для изучения роли биоэлиситоров в развитии защитных свойств растений.

Культивирование ризобактерий *P. chlororaphis subsp. aurantiaca* и *P. putida* осуществляли в жидкой питательной среде King B при температуре 28°C в течение 48 часов. Затем получали комплекс внеклеточных метаболитов путем освобождения культуральной жидкости от клеток бактерий, для чего 48-часовую культуру центрифугировали при 10 тыс. об/мин в течение 30 мин трижды. Осадок удаляли, а культуральную жидкость использовали для дальнейшей работы.

Семена проращивали в культуре *in vitro* на агаризованной безгормональной среде Мурасиге-Скуга (МС), содержащей стандартный набор солей [4]. Растения культивировали в климатической камере при 16-часовом освещении и температуре 18°C (ночь) – 24°C (день). Спустя 5 недель для моделирования системы заражения на листья наносили суспензию спор *Botrytis cinerea* в концентрации 10⁵ спор/мл, полученных путем смыва с чашки со спороносящим мицелием [6].

На первом этапе работы оценивалась всхожесть семян огурца, обработанных различными элиситорами. Для этого простерилизованные семена огурца помещались в эппендорфы с культуральной жидкостью ризосферных бактерий и регуляторов роста на 30 мин, после чего их переносили на чашки Петри с питательной средой МС.

Эксперименты проводили в трех повторах. В каждом эксперименте использовалось по 20 семян на каждую экспериментальную группу (обработанных *P. chlororaphis subsp. aurantiaca*, *P. putida*, препаратами «Янтарин», «Эпин» 1X, «Эпин» 0,5X (разведенный с водой 1:1) и контроль, обработанный водой). На 3-и, 5-е и 10-е сутки проводили подсчет проросших семян огурца (табл. 1).

Таблица 1

Оценка всхожести семян огурца, обработанных различными элиситорами

Элиситор	Процентный показатель (%) на		
	3-й день	5-й день	10-й день
Контроль	30	57	74
«Эпин»	23	30	79
«Янтарин»	13	33	84
«Эпин» 0,5X	27	30	85
<i>P. putida</i>	37	50	94
<i>P. chlororaphis subsp. aurantiaca</i>	30	43	92

Как видно из полученных данных, представленных в Табл. 1, наилучшая всхожесть семян огурца наблюдалась после обработки культуральными жидкостями бактерий рода *Pseudomonas* и составила 93 % и 90 % на 10-е сутки, у семян, обработанных «Эпином» и «Янтарином», показатели были несколько хуже. Наименьший процент всхожести наблюдался у семян из контрольной группы (обработанных водой) и составил 74 % спустя 10 суток после начала эксперимента.

Следующий этап работы – анализ морфометрических показателей ростков огурца: длины стебля, длины корня и массы – был проведен на 10-е сутки после прорастания (табл. 2).

Таблица 2

Оценка биометрических показателей растений огурца, обработанных различными элиситорами

Вариант обработки	Показатель		
	Длина стебля, см	Длина корня, см	Масса растений, г
Контроль	2,96 ± 0,18	2,34 ± 0,25	0,12 ± 0,010
«Эпин»	3,37 ± 0,17	2,88 ± 0,26	0,15 ± 0,011
«Янтарин»	3,28 ± 0,16	3,69 ± 0,22	0,16 ± 0,012
«Эпин» 0,5X	3,56 ± 0,15	4,32 ± 0,29	0,17 ± 0,013
<i>P. putida</i>	4,23 ± 0,20	5,75 ± 0,33	0,27 ± 0,019
<i>P. chlororaphis subsp. aurantiaca</i>	4,35 ± 0,21	5,54 ± 0,32	0,28 ± 0,023

Как видно из данных, представленных в табл. 2, показатели длины стебля и корня были лучше у растений, обработанных культуральной жидкостью ризобактерий, немного хуже – у растений, обработанных регуляторами роста, контроль показал минимальный эффект.

Анализ данных по массе проростков показал, что наибольшая прибавка была у растений, обработанных культуральной жидкостью *P. putida* и *P. chlororaphis subsp. aurantiaca* и составила 0,27 г и 0,28 г соответственно, в то время как у растений, обработанных регуляторами роста, и контрольной группы масса составила от 0,12 до 0,17 г.



Рис. Растения огурца на 10-й день после заражения *B. cinerea*
Вариант обработки семян *Cucumis sativus* L.: 1 – Контроль (без обработки); 2 – «Янтарин»;
3 – «Эпин» 0,5Х; 4 – «Эпин»; 5 – *P. chlororaphis* subsp. *aurantiaca* В 162; 6 – *P. putida* КМБУ 4308.

Для изучения защитного эффекта различных биоэлизиторов растения огурца заражали спорами фитопатогенного гриба рода *B. cinerea* Pers (см. рис.).

Спустя 10 дней после заражения на растениях, обработанных внеклеточными метаболитами ризобактерий *P. putida* и *P. chlororaphis* subsp. *aurantiaca*, отмечались незначительные участки поражения *B. cinerea* или таковые отсутствовали вовсе. В то же время на контрольных растениях и растениях, обработанных «Янтарин» и «Эпином», поражения серой гнилью охватывали значительные участки.

В результате исследований было установлено, что обработка семян биоэлизиторами бактерий рода *Pseudomonas* оказывает положительное влияние на всхожесть и рост растений огурца сорта «Верасень». Всхожесть семян огурца была в 1,2–1,3 раза выше по сравнению с контрольными не обработанными образцами, применение «Янтарина» и «Эпина» улучшало всхожесть в 1,06–1,14 раза. Морфометрические показатели увеличились в среднем в 1,4–2,3 раза при использовании культуральной жидкости PGPR и в 1,2–1,5 раза при обработке регуляторами роста.

Проведенное исследование подтвердило наличие защитного эффекта при обработке семян огурца внеклеточными метаболитами PGPR рода *Pseudomonas* при последующем заражении *B. cinerea*.

Таким образом, на основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что биоэлизиторы на основе ризобактерий благоприятно влияют на прорастание, рост и иммунитет растений *Cucumis sativus* L.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Биологическая активность сидерофора пиовердина, синтезируемого непатогенными ризосферными бактериями *Pseudomonas putida* КМБУ 4308 / Ю. М. Кулешова [и др.] // Труды БГУ. – 2011. – Т. 6. – Ч. 1. – С. 224–230.
2. Боронин, А. М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* / А. М. Боронин // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 10. – С. 25–31.
3. Кныш, В. Кобринский корнишон: технологии от «А» до «Я» [Электронный ресурс] / В. Кныш, Н. Сидюк // Кобринскі веснік. Районная газета. – Режим доступа : <http://www.vkobrine.by/?p=5355>. – Дата доступа : 20.02.2023.
4. Малый практикум по физиологии растений / Под ред. А. Т. Мокроносова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 183 с.
5. Поликсенова, В. Д. Индуцированная устойчивость растений к патогенам и абиотическим стрессовым факторам (на примере томата) / В. Д. Поликсенова // Вестник БГУ. Серия 2. – 2009. – № 1. – С. 48–60.
6. Среда для выращивания грибов // Методы фитопатологии / З. Кирай [и др.] ; под ред. М. В. Горленко ; пер. с англ.: С. В. Васильева [и др.]. – М. : Колос. – 1974. – Гл. 25. – С. 186–191.
7. Тютюрев, С. Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам / С. Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – 2015. – № 1(83). – С. 3–13.
8. Феклистова, И. Н. Синтез феназиновых соединений бактериями *Pseudomonas aurantiaca* B-162 / И. Н. Феклистова, Н. П. Максимова // Вестник БГУ. Серия 2. – 2005. – № 2. – С. 66–69.
9. Joseph, K. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application / K. Joseph // European Journal of Plant Pathology. – 2001. – № 107. – P. 7–12.
10. Significance of leaf infection by *Botrytis cinerea* in stem rotting of tomatoes grown in non-heated greenhouses / D. Shtienberg [et al.] // Europ. J. of Plant Pathology. – 1998. – Vol. 104. – № 8. – P. 753–763.
11. Thakur, M. Role of Elicitors in Inducing Resistance in Plants against Pathogen Infection: A Review / M. Thakur, B. S. Sohal // ISRN Biochemistry. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–10.