

ISSN 1029-8940 (Print)  
ISSN 2524-230X (Online)

УДК 581.143:577.175.1.05

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-186-193>

Поступила в редакцию 24.09.2020

Received 24.09.2020

К. Р. Кем<sup>1</sup>, Н. А. Ламан<sup>1</sup>, Н. А. Копылова<sup>1</sup>, В. А. Хрипач<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

## ФИТОГОРМОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ БРАССИНОСТЕРОИДОВ ЛАКТОННОЙ СТРУКТУРЫ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО СТРЕССА У РАСТЕНИЙ

**Аннотация.** Исследована зависимость «доза–эффект» в действии brassinosteroidов (БС) лактонной структуры на корневую систему и надземную часть проростков льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) и ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях химического стресса. Установлена видовая специфичность ростовых реакций на обработку семян смесями БС и глифосата в ингибирующей дозе. Определены диапазоны концентраций, в которых фитогормональная активность БС выражена максимально. При этом отмечается усиление (на проростках ярового ячменя) либо ослабление (на проростках льна-долгунца) ингибирующего эффекта глифосата на корневую систему.

**Ключевые слова:** глифосат, N-фосфометилглицин, brassinosteroidы, эпибрасинолид, брасинолид, гомобрасинолид, инкрустация, доза–эффект, ростовая реакция

**Для цитирования:** Фитогормональная активность brassinosteroidов лактонной структуры в условиях химического стресса у растений / К. Р. Кем [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 186–193. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-186-193>

Karina R. Kem<sup>1</sup>, Nikolai A. Laman<sup>1</sup>, Natalia A. Kopylova<sup>1</sup>, Vladimir A. Khripach<sup>2</sup>

<sup>1</sup>V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

## PHYTOHORMONAL ACTIVITY OF LACTONE-STRUCTURE BRASSINOSTEROIDS UNDER CHEMICAL STRESS IN PLANTS

**Abstract.** The dependence of the action of lactone-structure brassinosteroids in composition with a growth-inhibiting dose of glyphosate on the root system and the aerial part of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) and spring barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings was determined. The species specificity of growth responses to seed incrustation by such mixtures was identified. The concentration ranges of brassinosteroids, in which their interaction with the herbicide is most pronounced, were detected. In this case, there is an increase (on spring barley seedlings) or weakening (on fiber flax seedlings) of the inhibitory effect of glyphosate on the root system.

**Keywords:** glyphosate, N-phosphonomethylglycine, brassinosteroids, epibrassinolide, brassinolide, homobrassinolide, incrustation, dose-effect, growth-response

**For citation:** Kem K. R., Laman N. A., Kopylova N. A., Khripach V. A. Phytohormonal activity of lactone-structure brassinosteroids under chemical stress in plants. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 66, no. 2, pp. 186–193 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-186-193>

**Введение.** В настоящее время наиболее востребованными и перспективными направлениями являются разработка и внедрение в производство экобезопасных и высокоэффективных росторегуляторов с целью повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур. Высоким потенциалом для стимуляции роста и продуктивности растений обладают природные и синтетические фитогормоны класса brassinosteroidов (БС). Содержание БС в растениях составляет менее 10<sup>-5</sup> % [1], однако они присутствуют во всех органах высших и низших растений, особенно в пыльце. Широко известными представителями класса БС являются брасинолид (БЛ), впервые выделенный в 1979 г. из пыльцы рапса (*Brassica napus* L.) [2], гомобрасинолид (ГБЛ) и эпибрасинолид (ЭБЛ).

Основными функциями БС в растениях являются стимуляция клеточного роста и прорастания семян, регуляция дифференцировки тканей проводящей системы, экспрессия фотосинтетических генов [3, 4]. Достоверно известно, что БС стимулируют экспрессию генов синтеза ферментов ксиланглюкан-эндотрансглюкозилаз, индуцирующих перестройку полисахаридных полимеров клеточных стенок. Этот процесс приводит к их временному разуплотнению, что в свою очередь способствует росту и растяжению клеток [5]. Благодаря своей выраженной иммуностимулирующей и адаптогенной активности БС находят применение и в растениеводстве [6–9].

Однако, несмотря на очевидные успехи в применении БС в сельскохозяйственном производстве, на сегодняшний день в Беларуси зарегистрировано только два БС-препарата: на основе фитогормонов ЭБЛ (Эпин) и ГБЛ (Эпин Плюс). Их ограниченное применение обусловлено рядом факторов, в том числе необходимостью изучения зависимости «доза–эффект» при обработке фитогормонами в широком диапазоне концентраций, гормональной активностью природных и синтетических БС различной структуры, содержанием в растениях эндогенных и экзогенных биологически активных веществ – потенциальных синергистов и антагонистов БС.

Известно, что наиболее выраженную активность БС проявляют в неблагоприятных условиях, мобилизуя иммунную и стресс-протекторную системы организма. Для исследования действия БС в широком диапазоне концентраций нами был выбран химический стресс, вызываемый глифосатом – ингибитором фермента EPSPS шикиматного пути биосинтеза ароматических соединений у растений.

Цель исследования – определение диапазонов концентраций, в которых различные брассиностероиды лактонной структуры (брассинолид, эпибрассинолид и гомобрассинолид) проявляют максимальную фитогормональную активность.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования были семена и проростки ярового ячменя (сорт Радзимич) и льна-долгунца (сорт Грант).

Результаты предыдущих исследований показали, что наиболее удобной концентрацией N-фосфонометилглицина для определения влияния совместного воздействия глифосата и широкого диапазона концентраций БС является та, при которой ингибирование роста корневой системы проростков относительно контроля составляет около 40–60 % [10]. В этом случае предполагаемые эффекты воздействия компонентов смеси на ростовые реакции (как положительные, так и отрицательные) наиболее выражены. Таким образом, в опытах была использована ингибирующая концентрация глифосата  $5,5 \cdot 10^{-2}$  М в смеси с каждым из БС в диапазоне от  $10^{-4}$  до  $10^{-10}$  М в 1 %-ном растворе пленкообразователя Гисинар. Растворы готовили методом разбавления исходного спиртового раствора в концентрации  $10^{-4}$  М, пошагово снижая концентрацию в 1,25 раза. Семена инкрустировали в стеклянной посуде с расходом рабочего раствора 20 мкл на 1 г семян. Используемые в работе природные БС были получены в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси.

Каждый эксперимент, помимо контрольных (в четырехкратной повторности), включал 40 опытных вариантов (в двукратной повторности). В качестве контролей выступали: вариант, при котором обработка производилась 1 %-ным раствором пленкообразователя Гисинар (контроль-1), и вариант, при котором обработка производилась глифосатом в дозе  $5,5 \cdot 10^{-2}$  М без добавления БС (контроль-2). Проращивание семян производили методом рулонной культуры [11, 12], используя стеклянные емкости объемом 1 л. В течение 2 сут после посева рулоны выдерживали в термостате при температуре 22–24 °С, на 3-и сутки перемещали в условия искусственного освещения интенсивностью 7,5 тыс. лк с режимом 14 ч – свет, 10 ч – темнота.

Измерения длины корня и надземной части производили на 7-е и 9-е сутки. Для определения биометрических показателей брали по 15 проростков из каждого варианта и по 30 проростков из контролей. Для статистической обработки использовали стандартный пакет программ Microsoft Excel. В работе и на гистограммах указаны средние значения и величины стандартной ошибки средней арифметической, по которым наглядно видны отличия между вариантами опытов.

Определение накопления шикимовой кислоты (ШК) в тканях проростков ячменя осуществляли методом ВЭЖХ на хроматографе UltiMate 3000 (Thermo Fisher Scientific, Германия) с одно-матричным детектором DAD-3000RS и колонкой Nucleodur C18 Gravity 4,6×250 мм (размер частиц 5 мкм).

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные ранее эксперименты по исследованию действия БС (без добавления глифосата) при инкрустации семян в широком диапазоне концентраций на рост проростков растений показали, что в условиях 9-дневного лабораторного опыта не выявлено влияния БС на рост корневой системы и надземной части проростков и других регистрируемых эффектов [13]. При этом ростовая реакция надземной части проростков обеих культур оказалась значительно менее чувствительной к ингибирующему действию глифосата при инкрустации семян, чем корневая система.

Анализ данных, полученных в результате исследований влияния БС на рост проростков в условиях химического стресса, показал, что для проростков льна-долгунца во всех вариантах опытов также были характерны незначительные колебания показателей длины надземной части (на 9-е сутки). При обработке смесями ингибирующей дозы глифосата с БЛ различия по данному параметру составляли от 97,2 до 103,1 % по отношению к контролю-2; с ГБЛ – от 96,9 до 103,3; с ЭБЛ – от 98,2 до 104,2 % (различия статистически недостоверны).

Влияние БС в смесях с глифосатом на длину надземной части проростков ярового ячменя было более выраженным. Обнаружены диапазоны концентраций БС, в которых между ними и глифосатом наблюдался эффект синергизма, проявляющийся в усилении ингибирующего действия гербицида. Однако наиболее четко это взаимодействие было заметно по реакции корневой системы проростков данной культуры на инкрустацию семян смесями глифосата и БС (рис. 1–3).

Так, диапазоны концентраций БС, достоверно усиливающих гербицидный эффект N-фосфометилглицина на рост корневой системы проростков ярового ячменя, составляли: для БЛ – от  $3,3 \cdot 10^{-8}$  до  $3,4 \cdot 10^{-7}$  М, для ГБЛ – от  $1,0 \cdot 10^{-9}$  до  $1,5 \cdot 10^{-8}$ , для ЭБЛ – от  $4,7 \cdot 10^{-8}$  до  $2,8 \cdot 10^{-7}$  М. Выявлено, что данные диапазоны у БЛ и ЭБЛ практически совпадают по концентрациям, тогда как диапазон, при котором выявлено взаимодействие между ГБЛ и глифосатом, значительно сдвинут в область меньших концентраций фитогормона. Также отмечено, что из трех изученных БС наиболее широкий диапазон «активных» концентраций имеет ГБЛ.

Об эффекте синергизма между БС (ЭБЛ) и глифосатом также свидетельствуют результаты эксперимента по определению накопления шикиматов в корнях и надземной части проростков ячменя, проведенного методом ВЭЖХ. Известно, что глифосат блокирует активность одного из ферментов шикиматного пути биосинтеза ароматических соединений, который осуществляет стадию превращения шикимата в хоризмат. Таким образом, было сделано предположение о возможном накоплении ШК и ее производных в тканях проростков, полученных из семян, которые были инкрустированы чистым глифосатом и смесями глифосата с БС.

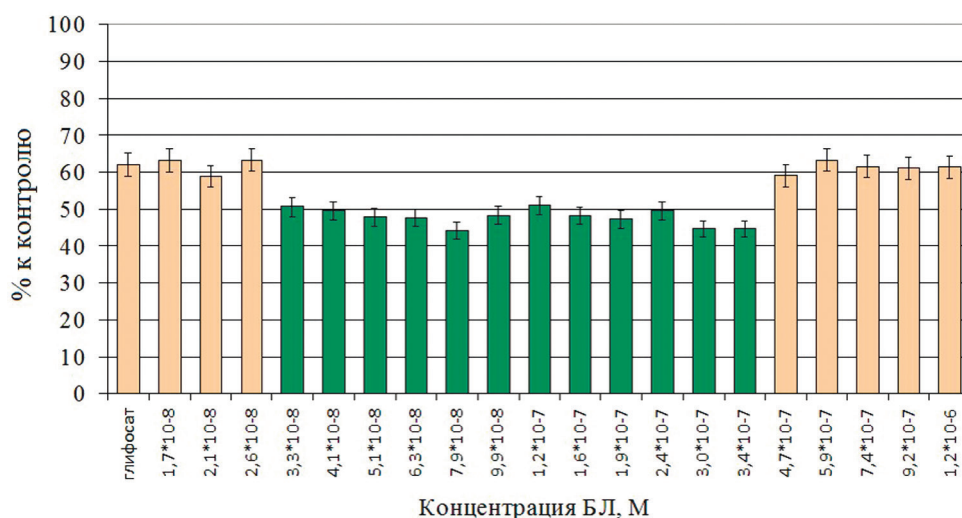


Рис. 1. Диапазон концентраций brassinolide, усиливающих ингибирующий эффект N-фосфометилглицина на корневую систему проростков ячменя

Fig. 1. Brassinolide concentration range in which an increase in the inhibitory effect of N-phosphonomethyl glycine on the root system of barley seedlings is observed

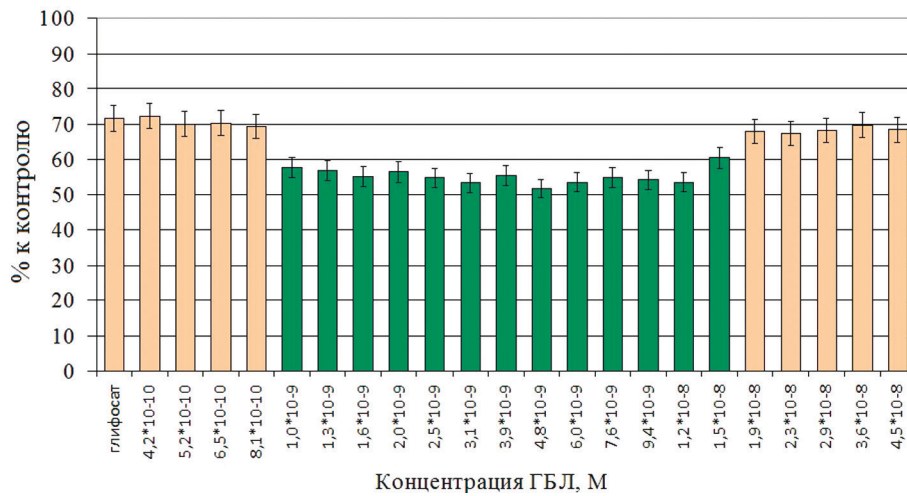


Рис. 2. Диапазон концентраций гомобрассинолида, усиливающих ингибирующий эффект N-фосфометилглицина на корневую систему проростков ячменя

Fig. 2. Homobrassinolide concentration range in which an increase in the inhibitory effect of N-phosphonomethyl glycine on the root system of barley seedlings is observed

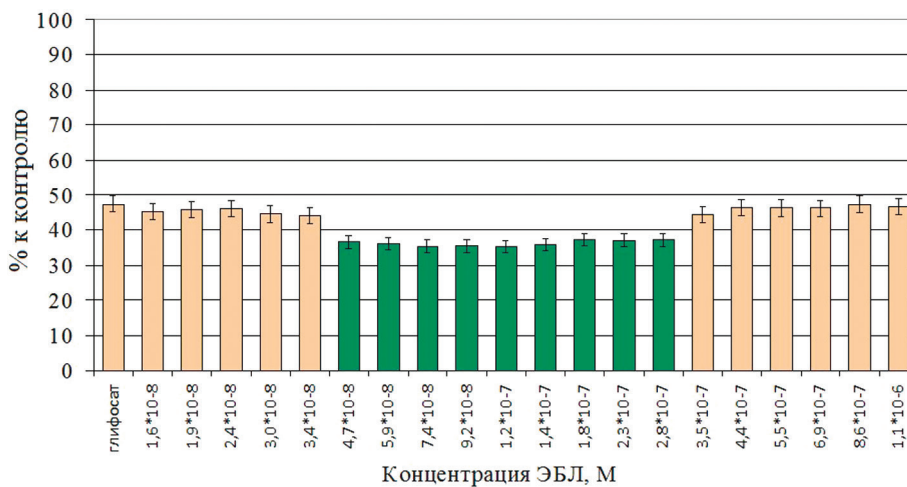


Рис. 3. Диапазон концентраций эпибрассинолида, усиливающих ингибирующий эффект N-фосфометилглицина на корневую систему проростков ячменя

Fig. 3. Epibrassinolide concentration range in which an increase in the inhibitory effect of N-phosphonomethyl glycine on the root system of barley seedlings is observed

В рамках данного опыта отдельно проращивали семена, инкрустированные 1 %-ным раствором Гисинара (контроль), глифосатом в ингибирующей концентрации ( $5,5 \cdot 10^{-2}$  М) и смесью глифосата ( $5,5 \cdot 10^{-2}$  М) с ЭБЛ ( $1,2 \cdot 10^{-7}$  М). Концентрация ЭБЛ была выбрана как средняя из диапазона, при котором ранее было выявлено усиление ингибирования роста корней проростков ячменя при инкрустации семян смесями глифосата и ЭБЛ.

Изменение площади пиков, соответствующих ШК при различных вариантах обработки, представлено на хроматограммах (рис. 4).

Определенные методом ВЭЖХ показатели содержания ШК свидетельствуют о многократном увеличении количества шикиматов в надземной части проростков при обработке семян смесью глифосата и ЭБЛ. Так, содержание ШК в контрольном варианте составило 11,38 мкг/г сырой массы; в варианте с обработкой глифосатом – 15,97; в варианте с обработкой смесью глифосат + ЭБЛ – 185,21 мкг/г (увеличение в 16,3 раза по сравнению с контрольным вариантом и в 11,6 раза по сравнению с чистым глифосатом).

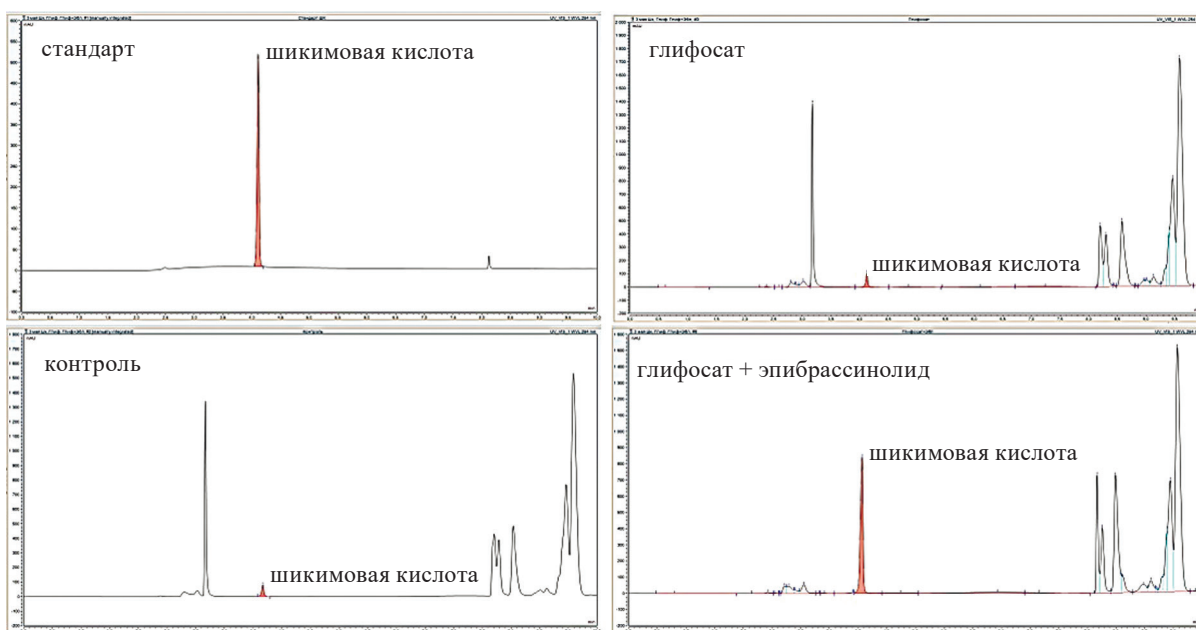


Рис. 4. Влияние обработки семян глифосатом и его смесью с эпибрасинолидом на содержание шикимовой кислоты в листьях проростков ярового ячменя

Fig. 4. Effect of seed treatment with glyphosate and its mixture with epibrassinolide on the content of shikimic acid in the leaves of spring barley seedlings

В отличие от результатов опытов на яровом ячмене, в экспериментах со льном-долгунцом были выявлены диапазоны концентраций каждого из БЛ, при которых ослабляется гербицидный эффект глифосата на рост корневой системы проростков (рис. 5–7).

Диапазоны концентраций БЛ, статистически достоверно снижающих гербицидный эффект глифосата на рост корневой системы проростков льна-долгунца, составляли: для БЛ – от  $5,1 \cdot 10^{-8}$  до  $3,4 \cdot 10^{-7}$  М, для ГБЛ – от  $6,5 \cdot 10^{-10}$  до  $7,6 \cdot 10^{-9}$ , для ЭБЛ – от  $8,5 \cdot 10^{-8}$  до  $8,0 \cdot 10^{-7}$  М. Установлено, что, так же как и при исследовании действия БС на проростках ярового ячменя активность ГБЛ проявляется при более низких концентрациях, чем у БЛ и ЭБЛ.

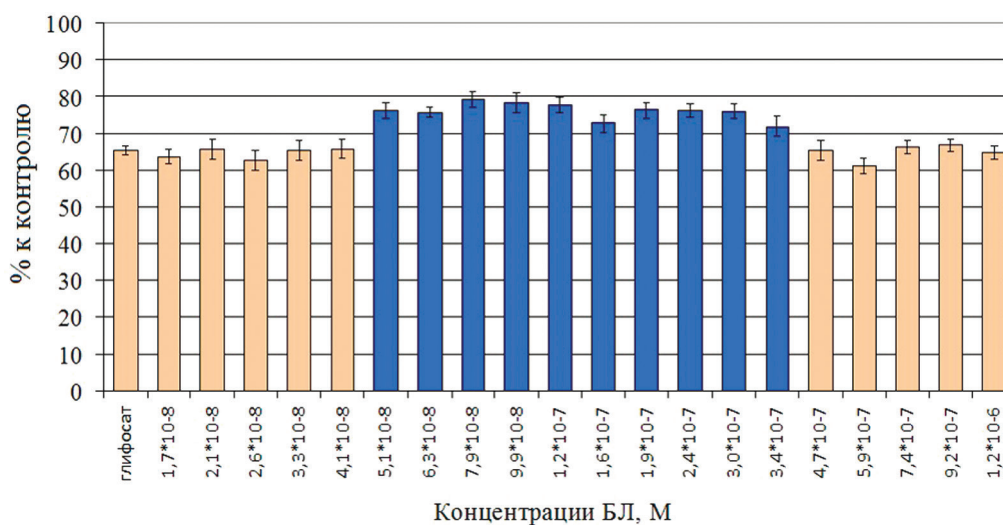


Рис. 5. Диапазон концентраций брасинолида, снижающих ингибирующий эффект N-фосфометилглицина на корневую систему проростков льна-долгунца

Fig. 5. Brassinolide concentration range in which a decrease in the inhibitory effect of N-phosphonomethyl glycine on the root system of fiber flax seedlings is observed



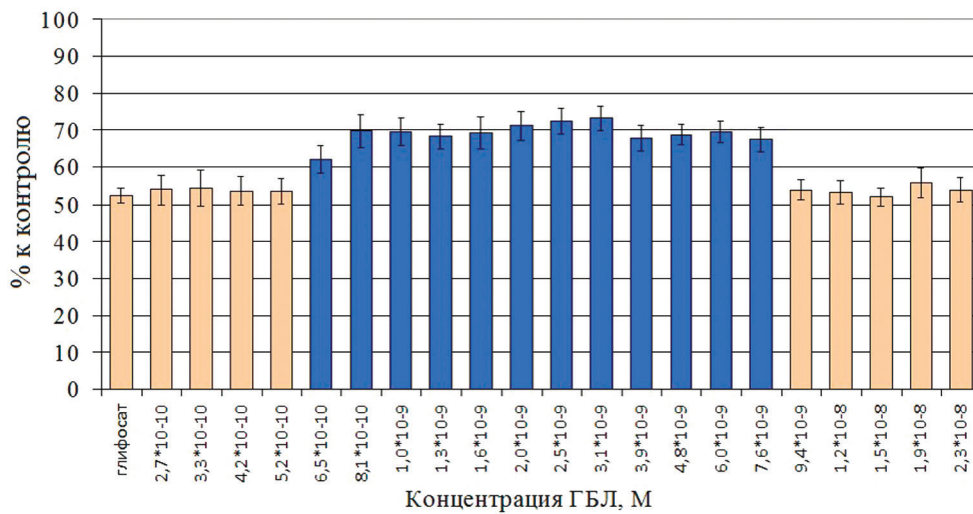


Рис. 6. Диапазон концентраций гомобрассинолида, снижающих ингибирующий эффект N-фосфометилглицина на корневую систему проростков льна-долгунца

Fig. 6. Homobrassinolide concentration range in which a decrease in the inhibitory effect of N-phosphonomethyl glycine on the root system of fiber flax seedlings is observed

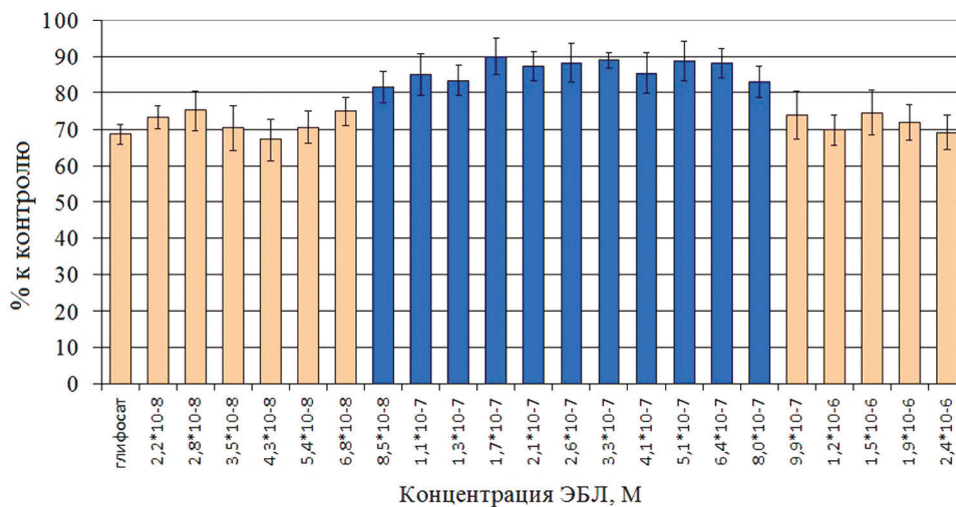


Рис. 7. Диапазон концентраций эпибрассинолида, снижающих ингибирующий эффект N-фосфометилглицина на корневую систему проростков льна-долгунца

Fig. 7. Epibrassinolide concentration range in which a decrease in the inhibitory effect of N-phosphonomethyl glycine on the root system of fiber flax seedlings is observed

**Заклучение.** Впервые установлено, что влияние различных брассиностероидов на рост корневой системы растений в условиях гербицидного стресса имеет ярко выраженные общие черты, а направленность и величина эффекта зависят от их дозы и вида растений. Открытие данного феномена создает предпосылки для повышения эффективности исследований как фитогормональных компонентов в отдельности, так и в сочетании с другими биологически активными агентами при разработке агропрепаратов нового типа на основе композиций стероидных гормонов растений и гербицидов.

#### Список использованных источников

1. Khripach, V. A. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century / V. A. Khripach, V. N. Zhabinskii, E. de Groot // Ann. Botany. – 2000. – Vol. 86, N 3. – P. 441–447. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1227>

2. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from brassica napus pollen / M. D. Grove [et al.] // *Nature*. – 1979. – Vol. 281, N 5728. – P. 216–217. <https://doi.org/10.1038/281216a0>
3. Saito, M. BES1 and BZR1 redundantly promote phloem and xylem differentiation / M. Saito, Y. Kondo, H. Fukuda // *Plant Cell Physiol*. – 2018. – Vol. 59, N 3. – P. 590–600. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcy012>
4. Effects of 24-epibrassinolide and green light on plastid gene transcription and cytokinin content of barley leaves / M. V. Efimova [et al.] // *Steroids*. – 2017. – Vol. 120. – P. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.12.004>
5. Khripach, V. A. Brassinosteroids. A new class of plant hormones / V. A. Khripach, V. N. Zhabinskii, A. E. Groot. – San Diego : Academic press, 1999. – 456 p.
6. Стимуляция роста и развития растений *Rhododendron japonicum* L. *in vivo* при использовании брассиностероидов / О. А. Кудряшова [и др.] // *Вестн. Палеск. дзярж. ун-та. Сер. прыродазнаўч. навук*. – 2011. – № 1. – С. 14–21.
7. Индуцированный брассиностероидами прайминг растений картофеля снижает окислительный стресс и повышает солеустойчивость / М. В. Ефимова [и др.] // *Докл. Акад. наук*. – М., 2018. – Т. 478, № 6. – С. 723–726.
8. 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants : a review / M. Tanyeer [et al.] // *Plant Physiol. Biochem.* – 2018. – Vol. 130. – P. 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.06.035>
9. Effect of 24-epibrassinolide on brassica napus alternative respiratory pathway, guard cells movements and phospholipid signaling under salt stress / M. Derevyanchuk [et al.] // *Steroids*. – 2017. – Vol. 117. – P. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.11.006>
10. Ламан, Н. А. Ростовые реакции проростков отдельных видов и сортов сельскохозяйственных растений на обработку семян глифосатом (N-фосфонометилглицином) / Н. А. Ламан, К. Р. Кем, А. Ф. Судник // *Вестн. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук*. – 2016. – № 4. – С. 7–13.
11. Ламан, Н. А. Проращивание мелких, плоских и долго прорастающих семян рулонным методом с использованием синтетической вентиляционной сетки / Н. А. Ламан, С. И. Будай, О. Э. Барнатович // *Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь*. – 2000. – № 4. – С. 57–61.
12. Судник, А. Ф. Методика проращивания семян льна-долгунца и рапса и создания низкотемпературного стресса для проростков / А. Ф. Судник, Н. А. Ламан, Л. Б. Куканого // *Регуляция роста, развития и продуктивности растений : материалы VII Междунар. науч. конф., Минск, 26–28 окт. 2011 г.* – Минск, 2011. – С. 198.
13. Влияние эпибрасинолида в широком диапазоне концентраций на рост проростков растений / Н. А. Ламан [и др.] // *Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–30 окт. 2015 г.* – Минск, 2015. – С. 68.

## References

1. Khripach V. A., Zhabinskii V. N., de Groot E. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany*, 2000, vol. 86, no. 3, pp. 441–447. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1227>
2. Grove M. D., Spencer G. F., Rohwedder W. K., Mandava N., Worley J. F., Warthen J. D., Steffens G. L., Flippen-Anderson J. L., Cook J. C. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from brassica napus pollen. *Nature*, 1979, vol. 281, no. 5728, pp. 216–217. <https://doi.org/10.1038/281216a0>
3. Saito M., Kondo Y., Fukuda H. BES1 and BZR1 redundantly promote phloem and xylem differentiation. *Plant Cell Physiology*, 2018, vol. 59, no. 3, pp. 590–600. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcy012>
4. Efimova M. V., Yankova R., Kusnetsov V. V., Litvinovskaya R. P., Zlobin I. E., Dobrev P. [et al.]. Effects of 24-epibrassinolide and green light on plastid gene transcription and cytokinin content of barley leaves. *Steroids*, 2017, vol. 120, pp. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.12.004>
5. Khripach V. A., Zhabinskii V. N., de Groot A. E. *Brassinosteroids. A new class of plant hormones*. San Diego, Academic press, 1999. 456 p.
6. Kudryashova O. A., Volotovich A. A., Gerasimovich T. V., Vodchits M. P., Khripach V. A. Stimulation of plant growth and development of *Rhododendron japonicum* L. *in vivo* using brassinosteroids. *Vesnik Paleskaga dzyarzhavnaga universiteta. Seryya pryrodaznauchykh navuk* [Bulletin of Polesie State University. Series of natural sciences], 2011, no. 1, pp. 14–21 (in Russian).
7. Efimova M. V., Khripam V. A., Boiko E. V., Malofii M. K., Kolomeichuk L. V., Murgan O. K., Vidershpan A. N., Mukhamatdinova E. A., Kuznetsov V. V. Brassinosteroid-induced priming of potato plants reduces oxidative stress and increases salt tolerance. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. Moscow, 2018, vol. 478, no. 6, pp. 723–726 (in Russian).
8. Tanveer M., Shahzad B., Sharma A., Biju S., Bhardwaj R. 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants : a review. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2018, vol. 130, pp. 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.06.035>
9. Derevyanchuk M., Kretynin S., Iakovenko O., Litvinovskaya R., Zhabinskii V., Martinec J., Blume Y., Khripach V., Kravets V. Effect of 24-epibrassinolide on brassica napus alternative respiratory pathway, guard cells movements and phospholipid signaling under salt stress. *Steroids*, 2017, vol. 117, pp. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.11.006>
10. Laman N. A., Kem K. R., Sudnik A. F. Growth reactions of seedlings of certain species and varieties of agricultural plants to seed treatment with glyphosate (N-phosphonomethylglycine). *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2016, no. 4, pp. 7–13 (in Russian).

11. Laman N. A., Buday S. I., Barnatovich O. E. Germination of small, flat and long-germinating seeds by the roll culture method using a synthetic ventilation mesh. *Izvestiya Akademii agrarnykh nauk Respubliki Belarus'* [Proceedings of the Academy of Agrarian Sciences of Belarus], 2000, no. 4, pp. 57–61 (in Russian).

12. Sudnik A. F., Laman N. A., Kukanego L. B. Method for germinating fiber flax and rape seeds and creating low-temperature stress for seedlings. *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii: materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Minsk, 26–28 oktyabrya 2011 goda)* [Regulation of plant growth, development and productivity: materials of the VII International scientific conference (Minsk, October 26–28, 2011)]. Minsk, 2011, p. 198 (in Russian).

13. Laman N. A., Kem K. R., Khripach V. A., Sudnik A. F. Effect of epibrassinolide in a wide range of concentrations on the growth of plant seedlings. *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii: materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Minsk, 28–30 oktyabrya 2015 goda)* [Regulation of plant growth, development and productivity: materials of the VIII International scientific and practical conference (Minsk, October 28–30, 2015)]. Minsk, 2015, p. 68 (in Russian).

### Информация об авторах

*Кем Карина Робертовна* – науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kem-666@mail.ru

*Ламан Николай Афанасьевич* – академик, д-р биол. наук, заведующий лабораторией. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nikolai.laman@gmail.com

*Копылова Наталья Александровна* – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: natal.kopylova.68@mail.ru

*Хрипач Владимир Александрович* – академик, д-р хим. наук, заведующий лабораторией. Институт биоорганической химии НАН Беларуси (ул. Академика Купревича, 5/2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: khripach@iboch.by

### Information about the authors

*Karina R. Kem* – Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kem-666@mail.ru

*Nikolai A. Laman* – Academician, D. Sc. (Biol.), Head of the Laboratory. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nikolai.laman@gmail.com

*Natalia A. Kopylova* – Ph. D. (Biol.), Senior Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: natal.kopylova.68@mail.ru

*Vladimir A. Khripach* – Academician, D. Sc. (Chem.), Head of the Laboratory. Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Academician Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: khripach@iboch.by