

Академик Н. А. Ламан¹, К. Р. Кем¹, академик В. А. Хрипач², А. Ф. Судник¹

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь

²Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН СМЕСЯМИ N-ФОСФОНОМЕТИЛГЛИЦИНА И ЭПИБРАССИНОЛИДА НА РОСТ РАСТЕНИЙ

Исследована зависимость действия N-фосфонометилглицина в ингибирующей дозе в смеси с эпибрасинолидом в широком диапазоне концентраций на рост корневой системы проростков льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) и ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.). Установлена видовая и сортовая специфичность ростовых реакций на обработку семян такими смесями. Обнаружен диапазон концентраций эпибрасинолида, в котором его взаимодействие с N-фосфонометилглицином выражено максимально, что характеризуется усилением (на проростках ярового ячменя) либо ослаблением (на проростках льна-долгунца) ингибирующего эффекта глифосата на корневую систему.

Ключевые слова: ячмень, лен-долгунец, глифосат, N-фосфонометилглицин, брасиностероиды, эпибрасинолид, инкрустация, доза–эффект, рост, ингибирование, стимуляция.

Academician N. A. Laman¹, K. R. Kem¹, academician V. A. Khripach², A. F. Sudnik¹

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

²Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

INFLUENCE OF SEEDS INCRUSTATION BY N-PHOSPHONOMETHYLGLYCINE AND EPIBRASSINOLIDE MIXTURES ON THE PLANT GROWTH

The dependence of action of an inhibitory dose of N-phosphonomethylglycine mixed with epibrassinolide over a wide concentration range, on the root growth of flax (*Linum usitatissimum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings is studied. Specific and varietal specificity of growth responses to the incrustation of seeds by such mixtures is identified. The epibrassinolide concentration range, in which its interaction with N-phosphonomethylglycine is most expressed, is detected. It is characterized by the intensification (in spring barley seedlings) or the weakening (in flax seedlings) of the inhibitory effect of glyphosate on the root system.

Keywords: barley, flax, glyphosate, N-phosphonomethylglycine, brassinosteroids, epibrassinolide, incrustation, dose–response, growth, inhibition, stimulation.

Введение. Проблема исследований степени проявления эффекта, регистрируемого при воздействии заданной дозы токсического вещества (и других факторов), определяется как зависимость «доза–эффект». Она является основополагающей в исследованиях проявления зависимости реакции организма от дозы при разработке лекарственных препаратов, новых БАВ и их композиций [1]. Как правило, в широком диапазоне концентраций зависимость «доза–эффект» имеет не линейный (монотонный), а би- или полимодальный характер. Задача еще более усложняется, если речь идет об анализе зависимости «доза–эффект» при одновременном воздействии двух и более соединений.

В последние годы актуальны исследования по синтезу и использованию биологически активных антидотов, ПАВ, потенциальных синергистов как компонентов композиций с пестицидами. Включение таких ингредиентов в смеси позволило бы, например, снизить токсическое действие пестицидов на культурные растения, или наоборот, повысить эффективность действия фунгицидов на патогены.

Наибольшее количество исследований по затронутой проблеме выполнено радиобиологами. Обобщение многочисленных научных результатов по комбинированному воздействию ионизирующих излучений с различными другими вредными факторами окружающей среды химической, биологической или физической природы позволило выявить ряд универсальных закономерностей.

Во-первых, при комбинированных воздействиях может наблюдаться аддитивное (независимое), синергическое (взаимное усиление) или антагонистическое (ослабление суммарного эффекта) взаимодействия. Во-вторых, независимо от природы действующих агентов и анализируемого биообъекта синергизм максимален при одновременном применении агентов. В-третьих, существует оптимальная доза ионизирующего излучения, при которой синергическое усиление радиационного эффекта максимально, если сохраняется постоянная доза другого агента, участвующего в комбинации. Увеличение или уменьшение дозы ионизирующего излучения по сравнению с оптимальной приводит к уменьшению синергизма. В-четвертых, при вариации доз обоих агентов существует определенное (оптимальное) соотношение доз воздействующих агентов, при котором синергизм максимален [2].

Ранее выполненные в Институте экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси исследования показали, что совместное действие брассиностероидов (БС) и фунгицидов приводит к снижению токсического эффекта последних на рост и развитие озимого рапса [3]. С учетом этого было сделано предположение о возможном проявлении эффектов взаимодействия между БС и неселективным гербицидом N-фосфометилглицином (глифосатом). Интерес к глифосату обусловлен еще и тем, что в последние годы интенсивно развиваются исследования по выявлению у него и других гербицидов эффекта гормезиса [4; 5], а также явления синергизма в композициях N-фосфометилглицина с рядом физиологически активных веществ.

Цель исследования – выявление зависимости в действии смесей БС (эпибрассинолид) и N-фосфометилглицина в ингибирующей дозе на рост корневой системы и надземной части проростков сельскохозяйственных растений.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования были семена и проростки льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) сорта Ласка и Веста и ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Радзимич и Фэст.

Насыщенный водный раствор эпибрассинолида в концентрации 10^{-5} М был любезно предоставлен лабораторией химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Методом разбавления с шагом 1,25 раза был получен диапазон концентраций от 10^{-5} М до 10^{-9} М в 1 %-ном водном растворе пленкообразователя Гисинар (сополимер натриевой соли акриловой кислоты с акрилатом натрия), т. е. концентрация БС от 1 к 42 варианту изменялась в 10000 раз.

На основе результатов предыдущих исследований был сделан вывод о том, что концентрацией N-фосфометилглицина, наиболее информативной для определения влияния совместного воздействия глифосата и широкого диапазона концентраций эпибрассинолида является та, при которой ингибирование роста корневой системы проростков относительно контроля составляет около 40–60 % [6]. В этом случае предполагаемые эффекты взаимодействия компонентов смеси на ростовых реакциях как положительные, так и отрицательные будут наиболее выражены. С учетом этого, концентрация глифосата в опыте составляла $3,3 \cdot 10^{-2}$ М (0,055 %) для льна-долгунца сорта Ласка и $5,5 \cdot 10^{-2}$ М (0,085 %) для ярового ячменя сортов Радзимич, Фэст и льна-долгунца сорта Веста.

Опыт включал 42 варианта БС в четырехкратной повторности и два контроля в восьмикратной повторности – контроль-1 (глифосат в концентрации $3,3 \cdot 10^{-2}$ М или $5,5 \cdot 10^{-2}$ М соответственно культуре) и контроль-2 (1 %-ный раствор Гисинара). Инкрустацию семян проводили вручную в стеклянной посуде. Расход рабочего раствора – 20 мкл/г семян.

Проращивали семена в бумажных рулонах по методике проращивания плоских и мелких семян, описанной в [7] с модификацией [3; 8], оценку физиологического состояния проростков – по [9]. Всхожесть определяли по ГОСТ 12038–84 [10]. Рулоны выдерживали 2 суток в термостате ТПС-2 при постоянной температуре 22 °С, на 3-е сутки выставляли в условия искусственного освещения интенсивностью 7,5 тыс. люкс (16 ч – свет, 8 ч – темнота).

Измерения длины корня и надземной части проводили на 3, 5, 7 и 9-е сутки. Содержание сухого вещества и массу 10 проростков измеряли на 7-е сутки. Для определения биометрических показателей при каждом измерении брали по 15 проростков из каждого варианта и по 30 проростков из контролей. Статистическая обработка проводилась с помощью стандартного пакета Excel.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что всхожесть семян независимо от концентрации БС составила 98 %, как и в контроле. Энергия прорастания была также на уровне 98 % для всех вариантов.

Установлены диапазоны концентраций эпибрасинолида, в пределах которых наблюдается максимальный эффект его взаимодействия с N-фосфометилглицином, проявляющийся как в снятии ингибирующего действия глифосата на рост корней, так и в его усилении.

Для сортов ярового ячменя диапазон концентраций эпибрасинолида, в котором наблюдается значительное усиление ингибирования роста корневой системы проростков по отношению к контролю без БС, составляет $4,7 \cdot 10^{-8}$ – $2,8 \cdot 10^{-7}$ М для сорта Радзимич и $3,4 \cdot 10^{-8}$ – $2,8 \cdot 10^{-7}$ М для сорта Фэст.

Так, у сорта Радзимич в варианте с обработкой семян глифосатом длина корневой системы составляет 47,4 % по отношению к контролю (1 %-ный раствор Гисинара), в то время как в варианте смесь глифосата с БС в концентрации $1,15 \cdot 10^{-7}$ М – 35,3 %, т. е. подавление роста корневой системы проростков ячменя усилилось по отношению к варианту с чистым глифосатом (0,085 %) на 12,1 % (рис. 1).

Еще более явные различия наблюдаются у сорта Фэст (рис. 2). Так, при обработке семян глифосатом без БС длина корневой системы составляет 67,5 % по отношению к контролю (1 %-ный раствор Гисинара), а в варианте смесь глифосата с БС в концентрации $2,25 \cdot 10^{-7}$ М – 25,0 %, т. е. подавление роста корневой системы проростков ячменя усилилось по отношению к варианту с чистым глифосатом (0,085 %) на 42,5 %. Следует отметить, что в случае с сортом Фэст усиление ингибирования роста корневой системы по сравнению с вариантом без эпибрасинолида отмечается по всему диапазону используемых концентраций БС и составляет от 2,6 до 21,7 % (без учета диапазона резкого ингибирования роста), однако в диапазоне концентраций эпибрасинолида от $3,4 \cdot 10^{-8}$ М до $2,8 \cdot 10^{-7}$ М оно максимально.

У льна-долгунца диапазон концентраций эпибрасинолида, при совместном применении которого с глифосатом наблюдалось значительное уменьшение ингибирующего эффекта гербицида на рост корневой системы проростков, равен $9,2 \cdot 10^{-8}$ – $6,9 \cdot 10^{-7}$ М для сорта Веста и $5,9 \cdot 10^{-8}$ – $4,4 \cdot 10^{-7}$ М для сорта Ласка. Эффект составляет 25,6 % к контролю (0,085 % глифосата) для сорта Веста и 20,9 % к контролю (0,055 % глифосата) для сорта Ласка. Различия показателей являются статистически достоверными (рис. 3 и 4). Необходимо отметить, что для сорта Веста характерно снижение ингибирования роста корня на всем диапазоне используемых концентраций эпибрасинолида по сравнению с вариантом без БС (0,085 % глифосата).

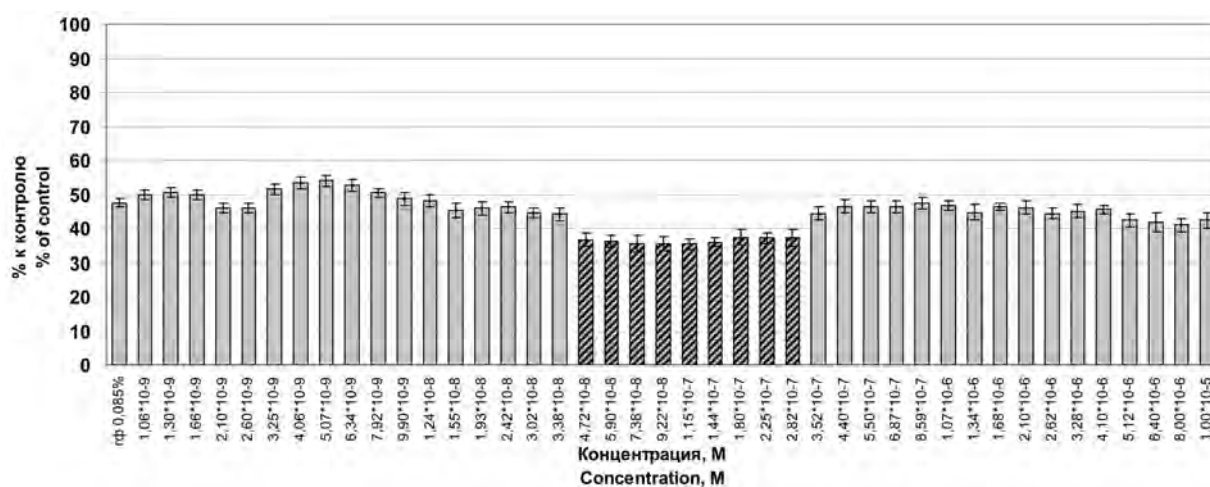


Рис. 1. Зависимость длины корня от концентрации БС у ярового ячменя сорта Радзимич при концентрации глифосата 0,085 %, выраженная в процентном отношении к контролю (1 % Гисинар)

Fig. 1. The dependence of the root length of BS concentrations in spring barley cv. Radzimich, at a concentration of 0.085 % glyphosate, expressed as a percentage of control (1 % Gisinar)

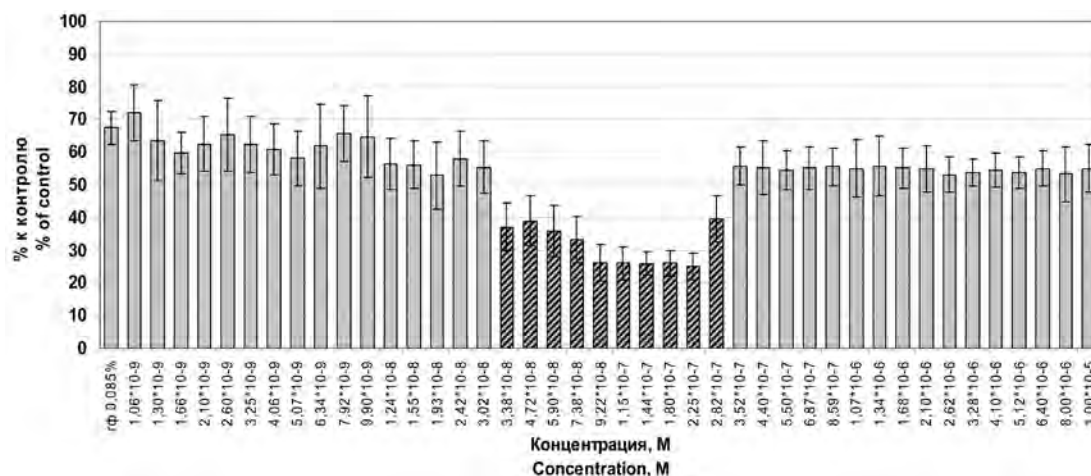


Рис. 2. Зависимость длины корня от концентрации БС у ярового ячменя сорта Фэст при концентрации глифосата 0,085 %, выраженная в процентном отношении к контролю (1 % Гисинар)

Fig. 2. The dependence of the root length of BS concentrations in spring barley cv. Fest, at a concentration of 0.085 % glyphosate, expressed as a percentage of control (1 % Gisinar)

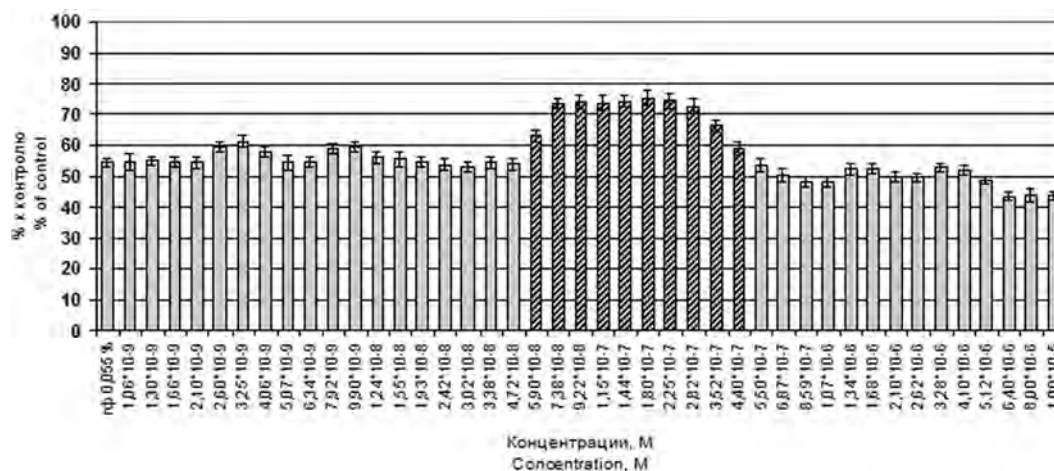


Рис. 3. Зависимость длины корня от концентрации БС у сорта льна-долгунца Ласка при концентрации глифосата 0,055 %, выраженная в процентном отношении к контролю (1 % Гисинар)

Fig. 3. The dependence of the root length of BS concentrations in flax cv. Laska, at a concentration of 0.055 % glyphosate, expressed as a percentage of control (1 % Gisinar)

Что касается надземной части проростков, то колебания биометрических показателей по вариантам на 9-е сутки опыта были незначительны у сортов льна-долгунца и составляли от 96,1 до 102,2 % по отношению к контролю у сорта Ласка и от 96,9 до 105,0 % у сорта Веста и находились в пределах ошибки опыта.

Влияние сочетания различных концентраций эпибрасинолида с глифосатом на длину надземной части проростков ярового ячменя было более выраженным (от 84,4 до 100,8 % к контролю), однако существенно меньше, чем изменения длины корневой системы. Это объясняется более высокой чувствительностью ростовой реакции корней к действию глифосата.

Масса 10 проростков у обоих сортов льна-долгунца на 9-е сутки опыта изменялась незначительно, лишь немного увеличиваясь в вариантах, где наблюдается снятие ингибирующего действия глифосата на рост корневой системы, тогда как гистограмма массы 10 проростков ярового ячменя практически соответствует гистограмме зависимости длины корня от концентрации эпибрасинолида.

Наблюдаемые изменения можно объяснить тем, что массу 10 проростков льна-долгунца по большей части составляет надземная часть, длина которой варьирует слабо, а масса 10 проростков ярового ячменя определяется в равной мере как массой надземной части, так и корневой системы.

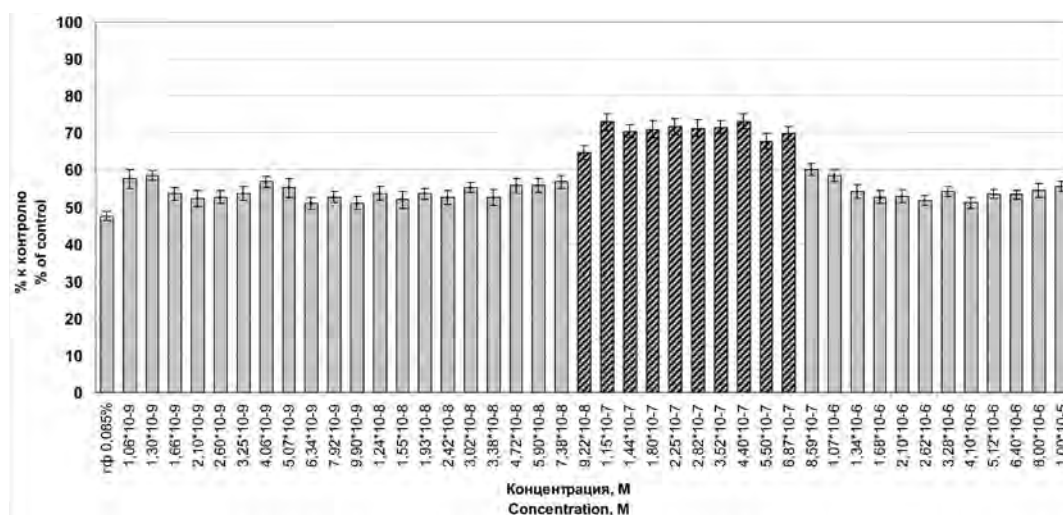


Рис. 4. Зависимость длины корня от концентрации БС у сорта льна-долгунца Веста, при концентрации глифосата 0,085 %, выраженная в процентном отношении к контролю (1 % Гисинар)

Fig. 4. The dependence of the root length of BS concentrations in flax cv. Vesta, at a concentration of 0.085 % glyphosate, expressed as a percentage of control (1 % Gisinar)

В предшествующих наших исследованиях установлено, что эпибрасинолид в диапазоне концентраций от 10^{-5} до 10^{-9} М не имеет выраженного эффекта воздействия на рост корневой системы и надземной части проростков льна-долгунца и ярового ячменя [11]. Таким образом, можно с уверенностью говорить о том, что в данном исследовании проявился эффект совместного действия эпибрасинолида и N-фосфометилглицина.

Интересным представляется факт, что диапазон концентраций эпибрасинолида (от $3,4 \cdot 10^{-8}$ М до $6,8 \cdot 10^{-7}$ М), в котором наблюдается максимальный эффект его взаимодействия с N-фосфометилглицином, практически совпадает по культурам и сортам. В то же время характер этих взаимодействий диаметрально противоположен для ростовых процессов у проростков изучаемых культур: у льна-долгунца наблюдается снижение ингибирующего эффекта глифосата, у ярового ячменя, наоборот, усиление его действия.

Диапазон, в котором между эпибрасинолидом и N-фосфометилглицином наблюдается эффект взаимодействия достаточно узкий, что соответствует литературным данным о том, что эффекты синергизма, антагонизма или аддитивности возникают, как правило, в очень узком диапазоне концентраций одного из компонентов [2].

Заключение. Полученные нами экспериментальные данные в целом не только подтверждают изложенные выше общебиологические закономерности, но и указывают на существование видовой специфичности ответной реакции растений на одну и ту же комбинацию взаимодействующих агентов – усиление гербицидного действия N-фосфометилглицина на проростки ярового ячменя и ослабление ингибирующего действия на проростки льна-долгунца в композициях с эпибрасинолидом. Такой характер ответной реакции указывает также, что для выявления зависимости «доза–эффект» необходимы исследования на наборе не только видов, но и сортов культурных растений в широком диапазоне концентраций изучаемых соединений.

Список использованных источников

1. Криштопенко, С. В. Доза-эффект / С. В. Криштопенко, М. С. Тихов, Е. Б. Попова. – М.: Медицина, 2008. – 288 с.
2. Петин, В. Г. Комбинированное биологическое действие ионизирующих излучений и других вредных факторов окружающей среды / В. Г. Петин, И. П. Дергачева, Г. П. Жуковский // Радиация и риск. – 2001. – Вып. 12. – С. 117–134.
3. Особенности действия brassinosterоидов в составе инсекто-фунгицидных композиций на рост проростков рапса (*Brassica napus* L.) в условиях низкотемпературного стресса / А. Ф. Судник [и др.] // Ботаника (исследования). – Минск: Право и экономика, 2011. – Вып. 40. – С. 560–574.
4. Calabrese, E. J. Hormesis: why it is important to toxicology and toxicologists / E. J. Calabrese // Environ. Toxicol. Chem. – 2008. – Vol. 27. – P. 1451–1474.

5. Hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy? / S. O. Duke [et al.] // *Outlooks Pest Manage.* – 2006. – Vol. 17. – P. 29–33.
6. 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 // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук.* – 2016. – № 4. – С. 7–13.
7. 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.
8. Судник, А. Ф. Методика проращивания семян льна-долгунца и рапса и создания низкотемпературного стресса для проростков / А. Ф. Судник, Н. А. Ламан, Л. Б. Куканего // *Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы VII Междунар. науч. конф., Минск, 26–28 окт. 2011 г. – Минск, 2011. – С. 198.*
9. Алексейчук, Г. Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения / Г. Н. Алексейчук; под ред. Н. А. Ламана. – Минск: Право и экономика, 2009. – 44 с.
10. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038-84. – Введ. 19.12.84. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 57 с.
11. Влияние эпибрассинолида 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: Колоград, 2015. – С. 68.*

References

1. Khrishtopenko S. V., Tihov M. S., Popova E. *Dose-response*. Moscow, Medicine, 2008. 288 p. (in Russian)
2. Petin V. G., Dergachyova I. P., Zhukovskii G. P. Combined biological effects of ionizing radiation and other harmful environmental factors. *Radiatsiia i risk* [Radiation and risk], 2001, vol. 12, pp. 117–134. (in Russian)
3. Sudnik A. F., Laman N. A., Doroshchuk O. V., Kukanego L. B. Features of action of brassinosteroids as a part of insecticide-fungicide compositions on the growth of seedlings of rape (*Brassica napus* L.) in the conditions of low-temperature stress. *Botanika (issledovaniia). Sbornik nauchnykh trudov* [Botanica (investigation). Collection of scientific papers]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2011, vol. 40, pp. 560–574. (in Russian)
4. Calabrese E. J. Hormesis: why it is important to toxicology and toxicologists. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2008, vol. 27, no. 7, pp. 1451–1474. doi:10.1897/07-541.1.
5. Duke S. O., Cedergreen N., Velini E. D., Belz R. G. Hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy? *Outlooks Pest Manage*, 2006, vol. 17, pp. 29–33. doi:10.1564/16feb10.
6. Laman N. A., Kem K. R., Sudnik A. F. Growth responses of seedlings of certain species and varieties of agricultural plants for incrustation of seeds by glyphosate (N-phosphonomethylglycine). *Izvestiia Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Serii biologicheskikh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Biological Sciences], 2016, no. 4, pp. 7–13. (in Russian).
7. Laman N. A., Budai S. I., Barnatovich O. E. The sprouting of small, flat and long germinating seeds by roll method using a synthetic ventilation grid. *Izvestiia Akademii agrarnykh nauk Respubliki Belarus* [Proceedings of the Academy Agrarian Sciences of Republic of Belarus], 2000, no. 4, pp. 57–61. (in Russian).
8. Sudnik A. F., Laman N. A., Kukanego L. B. Methods of germination of seeds of flax and rape, and the creation of a low-temperature stress for seedlings. *Reguliatsiia rosta, razvitiia i produktivnosti rastenii: materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Minsk, 26–28 oktiabria 2011 g.* [The regulation of growth, development and productivity of plants: Materials of VII International Scientific Conference, 26–28 October, 2011]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2011, pp. 198. (in Russian).
9. Alexeychuk G. N. *The power of cereal seeds growth and its valuation by method of accelerated aging*. Minsk, Pravo i Ekonomika, 2009. 44 p. (in Russian).
10. *Seeds of agricultural crops. Methods for determining the germination*. Moscow, Standartinform Publ., 1985. 57 p. (in Russian).
11. Laman N. A., Kem K. R., Khripach V. A., Sudnik A. F. The influence of epibrassinolide in a wide range of concentrations on the growth of plant seedlings. *Reguliatsiia rosta, razvitiia i produktivnosti rastenii: materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Minsk, 28–30 oktiabria 2015 g.* [The regulation of growth, development and productivity of plants: Materials of VIII International Scientific-Practical Conference, Minsk, 28–30 October, 2015]. Minsk, Kolograd, 2015, pp. 68. (in Russian)

Информация об авторах

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

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

Information about the author

Laman Nikolai Afanas'evich – Academician, D. Sc. (Biology), Professor, 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.

Kem Karina Robertovna – Junior 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.

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

Судник Алла Федоровна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: allasudnik@tut.by.

Для цитирования

Влияние инкрустации семян смесями N-фосфонометилглицина и эпибрассинолида на рост растений / Н. А. Ламан [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2016. – Т. 60, № 6. – С. 84–90.

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

Sudnik Alla Fedorovna – Ph. D. (Biology), 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: allasudnik@tut.by.

For citation

Laman N. A., Kem K. R., Khripach V. A., Sudnik A. F. Influence of seeds incrustation by N-phosphonomethylglycine and epibrassinolide mixtures on the plant growth. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2016, vol. 60, no. 6, pp. 84–90. (in Russian)