

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 581.14:(632.51+633/635)

DOI: 10.29235/1029-8940-2018-63-2-163-170

Поступила в редакцию 30.11.2017

Received 30.11.2017

В. Н. Прохоров

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

АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ С ВЫСОКОЙ ИНВАЗИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Изучено влияние водных экстрактов, полученных из сухой биомассы растений адвентивных видов с высокой инвазионной активностью, произрастающих в Беларуси, на рост проростков тест-культур. Отмечена высокая корреляция между степенью влияния выделяемых из семян борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) биологически активных веществ на различные виды растений и их принадлежностью к определенным семействам. Показано их сильное стимулирующее действие на представителей из семейства Крестоцветные (Cruciferae). Виды из семейства Злаковые в основном характеризуются нейтральной реакцией на выделяемые из семян борщевика Сосновского биологически активные вещества. Установлено, что воздействие концентраций водных экстрактов, полученных из изученных видов растений, в пределах от 0,01 до 0,001 % стимулирует рост и развитие тест-культур, а воздействие концентраций в диапазоне от 1 до 10 % оказывает в основном ингибирующее влияние.

Ключевые слова: аллелопатия, адвентивные виды, инвазионная активность, тест-культуры

Для цитирования: Прохоров, В. Н. Аллелопатический потенциал адвентивных видов с высокой инвазионной активностью во флоре Беларуси / В. Н. Прохоров // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 163–170. DOI: 10.29235/1029-8940-2018-63-2-163-170

V. N. Prokhorov

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

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF ADVENTIVE SPECIES WITH HIGH INVASIVE ACTIVITY IN FLORA OF BELARUS

Abstract. The results show the effect of water extracts from dry biomass of adventive plant species with high invasive activity from Belarus on the growth of seedlings of test plants. High correlation between the effect of biologically active substances released from the seeds of *Heracleum sosnowskyi* Manden on various test plants and plant species is discussed. The strong stimulating effect of water extracts on plant species from Cruciferae family is shown. Plant species from Poaceae family are mainly characterized by a neutral reaction to the biologically active substances emitted from *H. sosnowskyi* seeds. It has been found that water extracts at the concentrations from 0.01 to 0.001 % have a stimulatory effect on the growth and development of test plants, while an inhibitory effect was observed at the concentrations in the range from 1 to 10 %.

Keywords: allelopathy, adventive species, invasive activity, test plants

For citation: Prokhorov V. N. Allelopathic potential of adventive species with high invasive activity in flora of Belarus. *Vesti Natsyunal'noi akademii navuk Belarusi. Seriya byalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 163–170 (in Russian). DOI: 10.29235/1029-8940-2018-63-2-163-170

Введение. На территории Республики Беларусь на фоне глобального изменения климата отмечается существенное увеличение численности популяций инвазионных видов. Одним из свойств, позволяющих им вытеснять аборигенные виды и занимать новые экологические ниши, является их высокая аллелопатическая активность [1–5]. В настоящее время большинство инвазионных видов практически не используется в народном хозяйстве ввиду их слабой изученности. В этой связи комплексная оценка аллелопатического потенциала адвентивных видов Беларуси с высокой инвазионной активностью с целью поиска путей ограничения их распространения и использования в хозяйственных целях является перспективным направлением [5–7].

Изучению аллелопатических свойств различных видов растений, в том числе инвазионных, уделяется большое внимание [8–10]. Отмечается, что аллелопатия выполняет регуляторную функцию онтогенетического развития и фитоценоотического взаимодействия [1], а выделяемые в процессе роста и развития растений вторичные метаболиты могут служить основой для разра-

ботки экологически безопасных биопрепаратов нового поколения [11–13]. В зависимости от видового и сортового состава компонентов, а также от их концентрации биологически активные вещества могут являться как стимуляторами, так и ингибиторами прорастания семян [9]. В ряде исследований показана возможность применения аллелопатических веществ растений в качестве биопестицидов [14–16]. Так, соединения, выделяемые некоторыми видами из семейств Acanthaceae, Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Magnoliaceae, обладают выраженными противогрибковыми свойствами, из семейств Compositae, Poaceae, Papilionaceae – нематоцидными свойствами [17]. Число работ, посвященных этому вопросу, с каждым годом увеличивается [18–28], что также указывает на большую перспективность исследований в данном направлении.

Цель работы – оценка аллелопатического потенциала адвентивных видов с высокой инвазивной активностью во флоре Беларуси.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования выбраны адвентивные виды с высокой инвазивной активностью во флоре Беларуси: борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden), галинзога мелкоцветковая (*Galinsoga parviflora* Cav.), золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.), мелколепестник канадский (*Coniza canadensis* (L.) Crong.), недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC), рейнутрия японская (*Reynoutria japonica* Houtt.), рейнутрия сахалинская (*Reynoutria sachalinensis* (Fr.Schmidt. ex Maxim.) Nakai), череда олиственная (*Bidens frondosa* L.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd.), эхиноцистис лопастной (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray).

Отбор проб растительного материала и почвы проводили в местах нахождения популяций на территории г. Минска и в Дзержинском, Минском и Смолевичском районах Минской области.

Аллелопатическую активность определяли на основе влияния водных экстрактов, полученных из сухой биомассы различных органов [3–5], на прорастание и рост проростков тест-культур (кресс-салат обыкновенный, редис (сорт Французский завтрак)) и ряда видов и сортов культурных и дикорастущих растений, таких как яровой ячмень (сорта Бровар, Водар, Гонар, Магутны, Сталы, Сябра, Фест), яровая пшеница (сорта Василиса, Ростань, Сабина, Сударыня), яровое тритикале (сорта Лана, Садко, Узор), озимая пшеница (сорта Легенда, Спектр, Сюита), озимое тритикале (Мара, Михась, Рунь), просо (сорта Галинка, Днепровское), райграсс однолетний (сорт Ивацевичский местный), райграсс пастбищный (сорт Пашавы), лисохвост луговой (сорт Криничный), овсяница луговая (сорт Зорка), овсяница красная (сорт Пяшчотная), ежа сборная (сорт Магутная), фестулолиум (сорт Удзячны), яровой рапс (сорта Водолей, Гермес, Магнат, Кромань, Явар), озимый рапс (сорта Арсенал, Добродей, Зорный, Лидер, Прогресс), горчица белая (сорта Южанка, Ярынка), репа (сорт Петровская), редька черная (сорт Зимняя), клевер луговой (Витебчанин), люцерна посевная (сорт Буручаня), вика посевная (сорта Мила, Натали, Удача), гречиха посевная (сорт Марта), люпин узколистный (сорта Миртан, Хволько, Жодинский, Ян), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.).

Семена проращивали в чашках Петри в термостате при температуре 22 °С. В каждую чашку добавляли по 2 мл суммарного препарата различной концентрации, в контрольные чашки – 2 мл дистиллированной воды. В каждую чашку Петри помещали по 20 семян тест-культур. Оценка аллелопатического влияния водных экстрактов, полученных из различных органов (семена, стеблекорень, корневище, корни, листовые пластинки, черешки, соцветия) модельных инвазивных видов (на разных этапах онтогенеза) на энергию прорастания, всхожесть и линейный рост анализируемых тест-культур проводили согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

Кроме того, оценивали влияние набухающих семян борщевика, а также их плодовых оболочек на прорастание семян различных культурных растений. С этой целью их проращивали совместно с нестратифицированными (способными к набуханию, но не прорастающими) семенами борщевика Сосновского в термостате при температуре 22 °С в чашках Петри на фильтровальной бумаге. В каждую чашку Петри помещали по 30 семян одного вида (контроль) или по 15 семян борщевика Сосновского и 15 семян исследуемого вида (соотношение 1:1).

Результаты и их обсуждение. На основе полученных экспериментальных данных построена корреляционная матрица, показывающая степень влияния биологически активных веществ,

выделяющихся при набухании семян борщевика Сосновского, на процессы роста и развития других видов и сортов растений на первых этапах онтогенеза. Установлена высокая корреляция между степенью влияния выделяемых из семян борщевика Сосновского биологически активных веществ и принадлежностью тест-культур к определенным семействам (см. таблицу).

**Влияние набухающих семян борщевика Сосновского
на рост проростков различных видов и сортов растений**
**The effect of the swelling seeds of *H. sosnowskyi* on the seedling growth
of various plant species and varieties**

Культура, вид	Характер и направление взаимодействия
<i>Зерновые культуры</i>	
Яровой ячмень	0...+30 %
Яровая пшеница	+20...40 %
Яровое тритикале	0...+20 %
Озимая пшеница	0...+20 %
Озимое тритикале	0...+20 %
<i>Злаковые травы</i>	
Райграс однолетний	0...+10 %
Райграс пастбищный	0...+10 %
Лисохвост луговой	0 %
Овсяница луговая	0 %
Овсяница красная	0 %
Ежа сборная	0 %
Фестулолиум	0...+10 %
Пырей ползучий	0 %
<i>Бобовые травы</i>	
Клевер луговой	-50 %
Люцерна посевная	-30 %
<i>Зернобобовые</i>	
Люпин узколистый	-10...0 %
Люпин многолетний	0 %
<i>Крестоцветные</i>	
Яровой рапс	+50...70 %
Озимый рапс	+40...70 %
Горчица белая	+20...60 %
Редис	+30 %
Репа	+60 %
Ярутка полевая	+50 %
Пастушья сумка обыкновенная	+10 %
<i>Крупяные</i>	
Гречиха посевная	+20 %

Так, выявлено значительное стимулирующее действие набухающих семян борщевика Сосновского на всхожесть и рост проростков различных видов растений из семейства Крестоцветные (Stusiferae), особенно на различные сорта ярового рапса. При этом отмечалась и большая сорто-специфичность действия (рис. 1). Выявлено также значительное стимулирующее влияние набухающих семян борщевика на рост проростков и ряда других видов из семейства Крестоцветные – у редиса длина проростков составила 121,1 % в сравнении с контролем, у репы – 155,5 %. Аналогичное действие наблюдалось также и в опытах с дикорастущими видами этого семейства в период прорастания. Наибольший эффект отмечался у проростков ярутки полевой (*Thlaspi arvense* L.), линейный размер которых составил более 144,7 % от контроля.

Как видно из табл. 1, изученные виды злаковых трав, так же как зерновые злаки в период прорастания их семян, в основном проявляют нейтральную реакцию на вещества, выделяемые набухающими семенами борщевика Сосновского. Это указывает на то, что при планировании

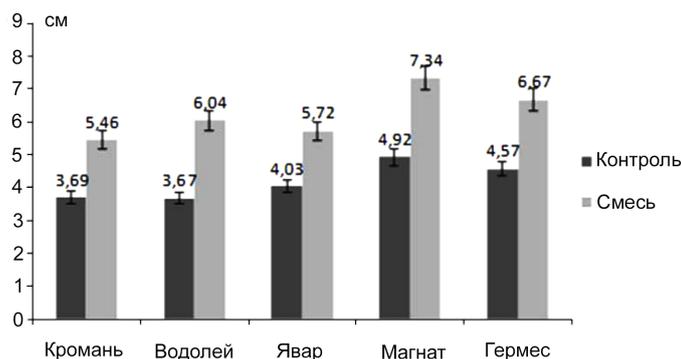


Рис. 1. Влияние набухающих семян борщевика Сосновского на рост проростков различных сортов ярового рапса

Fig. 1. The effect of the swelling seeds of *H. sosnowskyi* on the seedling growth of various varieties of spring oilseed rape

состава травосмесей при рекультивации земель после проведения мероприятий по ограничению численности борщевика Сосновского в первую очередь следует уделять внимание таким показателям злаковых трав, как скорость прорастания семян и формирования максимальной листовой поверхности, степень фитоценотической агрессивности и устойчивость к частому скашиванию травостоя. Такие смеси должны включать 30–50 % семян райграса (10–15 % однолетнего и 20–35 % пастбищного), 20–30 % семян гибрида овсяницы с райграсом – фестулолиума, 10–20 % семян овсяницы красной, 5–10 % семян овсяницы луговой и около 20 % семян мятлика лугового. Включение в состав смеси райграсов однолетнего и пастбищного, а также фестулолиума позволит злаковым травам быстро сформировать мощный листовой полог, подавляя прорастание семян и нормальное развитие проростков борщевика Сосновского. В последующие периоды функционирования травостоя овсяница луговая и красная, а также мятлик луговой, обладающие высокой устойчивостью к частому кошению газона и интенсивным кущением, не позволят борщевика Сосновского внедриться в созданный фитоценоз.

Влияние на представителей из семейства Бобовые либо обладает сортоспецифичностью (зернобобовые), либо оказывает ингибирующее влияние (бобовые травы). Виды из семейства Злаковые в основном характеризуются нейтральной реакцией на выделяемые из семян борщевика Сосновского биологически активные вещества.

Изучено влияние широкого диапазона концентраций (10; 1; 0,1; 0,01 и 0,001 %) водных экстрактов модельных инвазионных видов растений на энергию прорастания и рост проростков тест-культур. Установлено, что воздействие концентраций в пределах от 0,01 до 0,001 % стимулирует рост и развитие тест-культур, а воздействие концентраций в диапазоне от 1 до 10 % оказывает в основном ингибирующее влияние (рис. 2, 3).

Как видно из рис. 3, наиболее сильное ингибирующее влияние на длину проростков кресс-салата оказывают водные экстракты из листьев борщевика Сосновского, что наряду с другими при-

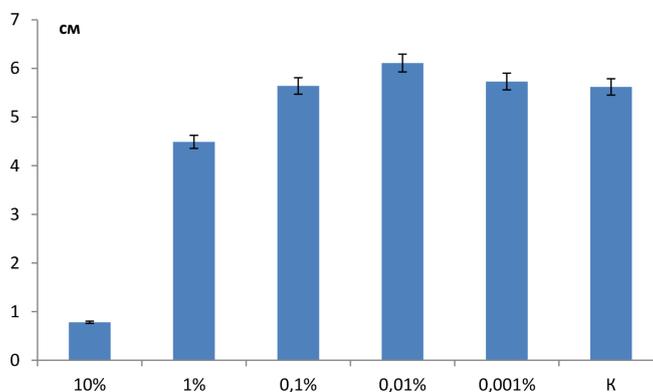


Рис. 2. Влияние водного экстракта из сухой биомассы листьев борщевика Сосновского на длину проростков кресс-салата (10; 1; 0,1; 0,01; 0,001 % – концентрации водных экстрактов)

Fig. 2. The effect of water extracts from the dry biomass of the leaves of *H. sosnowskyi*'s on the length of cress seedlings (10; 1; 0,1; 0,01; 0,001 % – concentrations of water extracts)

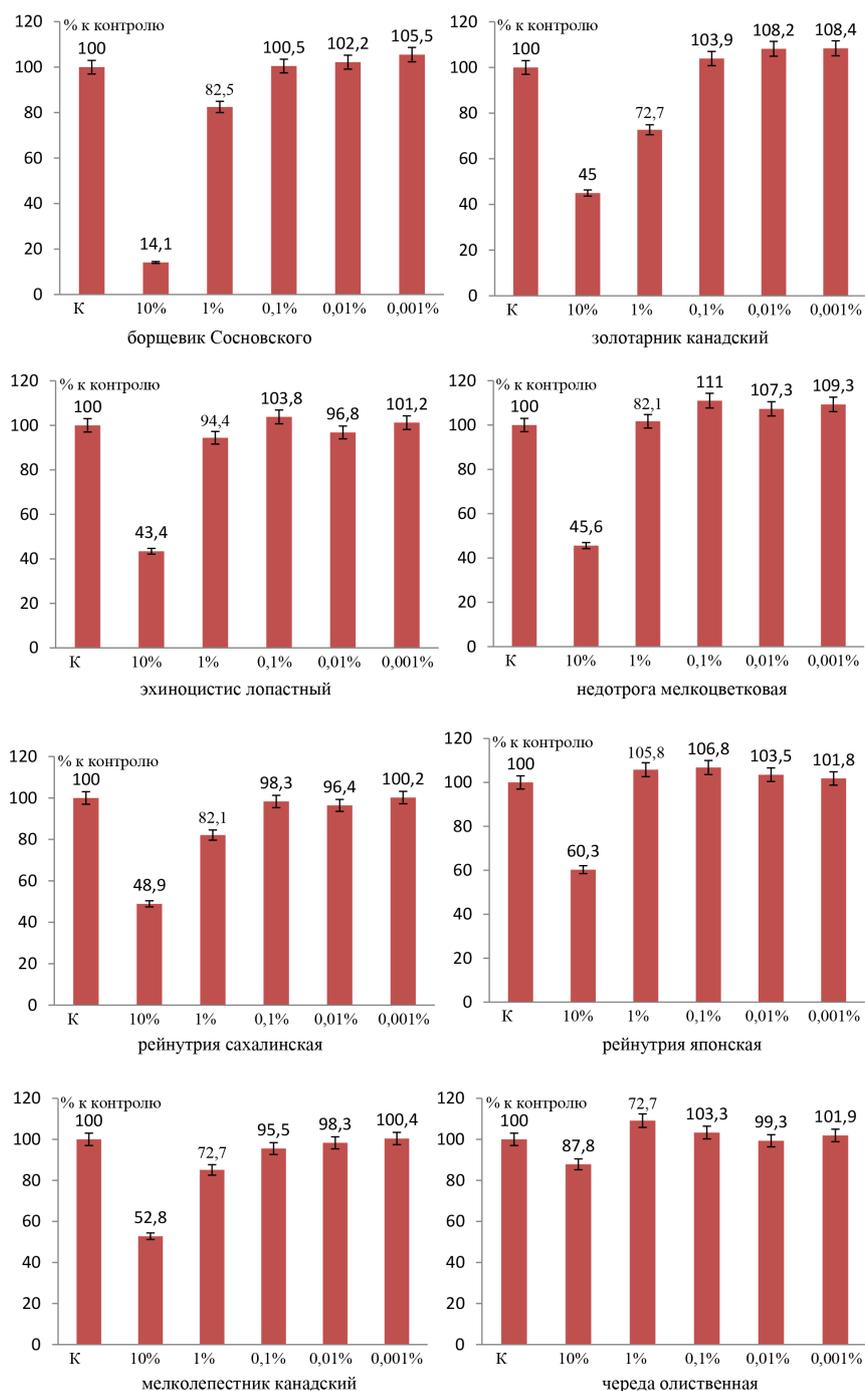


Рис. 3. Влияние водных экстрактов из сухой биомассы листьев различных видов инвазионных растений на длину проростков кресс-салата

Fig. 3. The effect of water extracts from dry leaf biomass of different invasive plant species on the length of cress seedlings

чинами, обуславливающими высокую инвазионную активность этого таксона, позволяет последнему выступать в роли вида-трансформера. Среди других изученных видов выделяют золотарник канадский и недотрогу мелкоцветковую, водные экстракты которых оказывают значительное стимулирующее влияние на длину проростков кресс-салата при низких концентрациях растворов.

В целом результаты изучения видов растений, обладающих высокой инвазионной активностью, показали, что оценка их аллелопатической активности является достаточно перспективным направлением в разработке новых подходов по практическому использованию этих растений в различных областях.

Заклучение. Установлено, что наибольшей биологической активностью обладают экстракты, полученные из сухой биомассы листовых пластинок растений, заготовленных в период бутонизации – цветения растений. Изменяя концентрации от низких (0,5–0,1 % и ниже) до высоких (1–5 % и выше), можно в зависимости от поставленной цели использовать экстракты, выделяемые из различных органов растений, как для стимулирования, так и для ингибирования процессов роста и развития культурных и дикорастущих растений. Выявлена высокая избирательность действия выделяемых семенами борщевика Сосновского веществ и полученных экстрактов по отношению к представителям семейства Крестоцветные, что указывает на перспективность их использования с целью создания экологически чистых препаратов по целенаправленному управлению биопродуктивностью. Несомненный интерес также представляет изучение инвазионных видов растений в качестве источников биологически активных соединений, особенно для косметической и фармацевтической промышленности.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Б16-046 «Исследование аллелопатического потенциала адвентивных видов с высокой инвазионной активностью в Беларуси в связи с ограничением их распространения и возможностью использования в хозяйственно-полезных целях».

Acknowledgements. The work was supported by the project of the Belarusian Republican Foundation for Basic Research no. B16-046 “Investigation of the allelopathic potential of adventitious species with high invasive activity in Belarus due to the limitation of their spread and the possibility of using them for economic purposes”.

Список использованных источников

1. Ламан, Н. А. Способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков: современное состояние проблемы / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров // Ботаника: (исследования) : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние биол. наук [и др.] ; ред. : Н. А. Ламан [и др.]. – Минск, 2011. – Вып. 40. – С. 469–489.
2. The problem of invasive *Heracleum* species in Belarus / M. Mishyna [et al.] // Weed science society of Japan : materials of the scientific and practical conference (Japan, April 13–14). – Kyoto, 2013. – P. 102.
3. Lorenzo, P. Role of allelopathy during invasion process by alien invasive plants in terrestrial ecosystems / P. Lorenzo, M. I. Hussain, L. González // Allelopathy: Current trends and future applications / ed. : Z. A. Cheema, M. Farooq, A. Wahid. – Berlin, Heidelberg, 2013. – P. 3–21.
4. Pisula, N. L. Allelopathic effects of goldenrod species on turnover in successional communities / N. L. Pisula, S. J. Meiners // The Amer. Midland Naturalist. – 2010. – Vol. 163, N 1. – P. 161–172.
5. Виноградова, Ю. К. Инвазионная биология: предмет, гипотезы, задачи, методы / Ю. К. Виноградова // Проблемы экспериментальной ботаники : сб. ст. / Ю. К. Виноградова, В. Н. Решетников ; отв. ред. А. В. Пугачевский. – Минск, 2015. – С. 5–79. – (Купревичские чтения-10).
6. Orr, S. P. Invasive plants can inhibit native tree seedlings: testing potential allelopathic mechanisms / S. R. Orr, J. A. Rudgers, K. Clay // J. of Plant Ecology. – 2005. – Vol. 181, N 2. – P. 153–165.
7. Enhanced allelopathy and competitive ability of invasive plant *Solidago canadensis* in its introduced range / Y. Yuan [et al.] // Plant Ecology. – 2013. – Vol. 6, N 3. – P. 253–263.
8. Гродзинский, А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ : основы хим. взаимодействия растений / А. М. Гродзинский. – Киев : Наукова думка, 1965. – 200 с.
9. Чернобривенко, С. И. Черная роль растительных выделений и межвидовое взаимоотношение в смешанных посевах / С. И. Чернобривенко. – М. : Совет. наука, 1956. – 194 с.
10. Гродзинский, А. М. О новой концепции аллелопатии / А. М. Гродзинский // Химическое взаимодействие растений : сб. науч. тр. / редкол. : А. М. Гродзинский (отв. ред.) [и др.]. – Киев, 1981. – С. 3–18.
11. Бухаров, А. Ф. Аллелопатическая активность у семян овощных сельдерейных культур / А. Ф. Бухаров, Д. Н. Балеев // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 1. – С. 86–90.
12. Modern genomic approaches to improving allelopathic capability in wheat (*Triticum aestivum* L.) / H. Wu [et al.] // Allelopathy J. – 2007. – Vol. 19, N 1. – P. 97–107.
13. Yang, R. Y. Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and growth of native chinese plant species / R. Y. Yang, L. X. Mei, X. Chen // Allelopathy J. – 2007. – Vol. 19, N 1. – P. 241–247.
14. Мишина, М. Ю. Влияние совместного прорастивания семян борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на всхожесть и развитие проростков различных культур / М. Ю. Мишина, В. Н. Прохоров // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы VII Междунар. науч. конф., г. Минск, 26–28 окт. 2011 г. / ред. : Н. А. Ламан [и др.]. – Минск, 2011. – С. 146.
15. The study of plant growth activity of seeds of invasive species *Heracleum sosnowskyi* Manden *Umbeliferae* / M. Y. Mishyna [et al.] // The East Asian flora and its role in the formation of the world's vegetation : abstracts of the symposium (Vladivostok, Sept. 23–27, 2012). – Vladivostok, 2012. – P. 48.
16. Исследование аллелопатической активности борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в связи с его высоким конкурентным потенциалом / В. Н. Прохоров [и др.] // Биологически активные вещества растений – изучение и использование : материалы междунар. науч. конф., приуроч. к 55-летию Отдела биохимии и биотехнологий

растений Центр. Ботан. сада НАН Беларуси и 75-летию акад. НАН Беларуси В. Н. Решетникова (г. Минск, 29–31 мая 2013 г.) / ред. : В. Н. Решетников [и др.]. – Минск, 2013. – С. 180–181.

17. Лебедев, В. М. Вопросы аллелопатии в лесных фитоценозах – состояние и перспективы / В. М. Лебедев, Е. В. Лебедев // Агрехимия. – 2015. – № 4. – С. 85–91.

18. Чегодаева, Н. Д. Аллелопатическое влияние борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) на культурные растения / Н. Д. Чегодаева, Т. А. Маскаева, М. В. Лабутина // Фундам. исслед. – 2015. – № 2, ч. 26. – С. 5845–5849.

19. Экспресс-метод определения жизнеспособности семян борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi* Manden) / Н. А. Ламан [и др.] // Клеточная биология и биотехнология растений : междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 13–15 февр. 2013 г.) / ред. : В. В. Демидчик [и др.]. – Минск, 2013. – С. 171.

20. Мишина, М. Ю. Влияние набухающих семян борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) на всхожесть и рост проростков культурных растений / М. Ю. Мишина, Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры : материалы Междунар. конф., посвящ. 80-летию Центр. Ботан. сада Нац. акад. наук Беларуси (19–22 июня 2012 г., г. Минск) : в 2 ч. / редкол. : В. В. Титок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 2. – С. 136–138.

21. Кондратьев, М. Н. Физиолого-экологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в неиспользуемые агроэкосистемы / М. Н. Кондратьев, С. Н. Бударин, Ю. С. Ларилова // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 2015. – Вып. 2. – С. 36–49.

22. Pisula, N. L. Relative allelopathic potential of invasive plant species in a young disturbed woodland / N. L. Pisula, J. M. Scott // J. of the Torrey Botanical Society. – 2010. – Vol. 137, N 1. – P. 81–87.

23. Shaukat, S. S. Allelopathic responses of *Coniza canadensis* (L.) cronquist: a cosmopolitan weed / S. S. Shaukat, N. Munir, I. A. Siddiqui // Asian J. of Plant Sciences. – 2003. – Vol. 2, N 14. – P. 1034–1039.

24. Latif, S. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence / S. Latif, G. Chiapusio, L. A. Weston // Advances in Bot. Research. – 2017. – Vol. 82. – P. 19–54.

25. Allelopathic suppression by *Conyza canadensis* depends on the interaction between latitude and the degree of the plant's invasion / C. Wang [et al.] // Acta Botanica Brasiliica. – 2017. – Vol. 31, N 2. – P. 212–219.

26. Evaluating the potential of allelopathic plant water extracts in suppressing horse purslane growth / A. Mahmood [et al.] // Intern. J. of Agriculture and Biology. – 2010. – Vol. 12, N 4. – P. 581–585.

27. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth / R. Bogatek [et al.] // Biologia Plantarum. – 2006. – Vol. 50, N 1. – P. 156–158.

28. Аллелопатический эффект *Heracleum sosnowskyi* Manden, сорных и лекарственных растений на культурные виды / М. Н. Кондратьев [и др.] // Годичное собрание Общества физиологов растений России «Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий» : материалы междунар. науч. конф. и шк. молодых ученых : в 2 ч. / отв. ред. Е. С. Роньжина. – Калининград, 2014. – Ч. 2. – С. 234–236.

References

1. Laman N. A., Prokhorov V. N. Methods for limiting the spread and eradication of giant cow-eaters: the current state of the problem. *Botanika: (issledovaniya): sbornik nauchnykh trudov* [Botany: (research): a collection of scientific papers]. Minsk, 2008, Iss. 35, pp. 100–105 (in Russian).
2. Mishyna M., Laman N., Prokhorov V., Fujii Y. The problem of invasive *Heracleum* species in Belarus : materials of the scientific and practical conference. Kyoto, Japan, April 13–14, 2013, p. 102.
3. Lorenzo P., Hussain M. I., Gonzalez L. Role of allelopathy during invasion process by alien invasive plants in terrestrial ecosystems. *Allelopathy: Current trends and future applications*. Berlin, Heidelberg, 2013, pp. 3–21.
4. Pisula N., Meiners S. J. Allelopathic effects of goldenrod species on turnover in successional communities. *The American Midland Naturalist*, 2010, vol. 163, no. 1, pp. 161–172. DOI: 10.1674/0003-0031-163.1.161
5. Vinogradova Yu. K. Invasive biology: subject, hypotheses, problems, methods. *Problemy eksperimental'noi botaniki: sbornik statei* [Problems of experimental botany: a collection of articles]. Minsk, 2015, pp. 5–79 (in Russian).
6. Orr S. P., Rudgers J. A., Clay K. Invasive plants can inhibit native tree seedlings: testing potential allelopathic mechanisms. *Plant Ecology*, 2005, vol. 181, no. 2, pp. 153–165. DOI: 10.1007/s11258-005-5698-6
7. Yuan Y., Wang B., Zhang S., Tang J., Tu C., Hu S., Yong J. W. Y., Chen X. Enhanced allelopathy and competitive ability of invasive plant *Solidago canadensis* in its introduced range. *Journal of Plant Ecology*, 2013, vol. 6, no. 3, pp. 253–263. DOI: 10.1093/jpe/rts033
8. Grodzinskii A. M. *Allelopathy in the life of plants and their communities: Fundamentals of chemical interaction of plants*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1965. 200 p. (in Russian).
9. Chernobrivenko S. I. *The biological role of plant extracts and the inter-species relationship in mixed crops*. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1956. 194 p. (in Russian).
10. Grodzinskii A. M. On the new concept of allelopathy. *Khimicheskoe vzaimodeistvie rastenii: sbornik nauchnykh trudov* [Chemical interaction of plants: a collection of scientific papers]. Kiev, 1981, pp. 3–18 (in Russian).
11. Bukharov A. F., Baleev D. N. Allelopathic activity in the seeds of vegetable celery. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2014, no. 1, pp. 86–90 (in Russian).
12. Wu H., Pratley J., Lemerle D., An M., Liu D. L. Modern genomic approaches to improving allelopathic capability in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Allelopathy Journal*, 2007, vol. 19, no. 1, pp. 97–107.
13. Yang R. Y., Mei L. X., Chen X. X. Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and growth of native Chinese plant species. *Allelopathy Journal*, 2007, vol. 19, no. 1, pp. 241–247.

14. Mishyna M. Y., Prokhorov V. N. Influence of the joint germination of the seeds of the cowwort Sosnovskyi (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) on the germination and development of seedlings of different cultures. *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii: materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Minsk, 26–28 oktyabrya 2011)* [Regulation of growth, development and productivity of plants [Text]: materials of the VII International scientific conference] (Minsk, October 26–28, 2011). Minsk, 2011, p. 146 (in Russian).

15. Mishyna M. Y., Laman N. A., Prokhorov V. N., Fujii Y. The study of plant growth activity of seeds of invasive species *Heracleum sosnowskyi* Manden Umbeliferae. *The East Asian flora and its role in the formation of the world's vegetation: abstracts of the symposium (Vladivostok, September 23–27, 2012)*. Vladivostok, 2012, p. 48.

16. Prokhorov V. N., Mishyna M. Y., Timofeeva I. V., Rosolenko S. I., Laman N. A. The study of allelopathic activity of the Sausnovsky cowworm (*Heracleum sosnowskyi* Manden) in connection with its high competitive potential. *Biologicheskii aktivnye veshchestva rastenii – izucheniye i ispol'zovanie: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, priurochennoi k 55-letiyu Otdela biokhimii i biotekhnologii rastenii Tsentral'nogo botanicheskogo sada NAN Belarusi i 75-letiyu akademika NAN Belarusi V. N. Reshetnikova (Minsk, 29–31 maya 2013)* [Biologically active substances of plants – study and use: materials of the intern. sci. dedicated to the 55th anniversary of the Biochemistry and Biotechnology Department of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus and the 75th anniversary of Academician of the National Academy of Sciences of Belarus V. N. Reshetnikov (Minsk, May 29–31, 2013)]. Minsk, 2013, pp. 180–181 (in Russian).

17. Lebedev V. M., Lebedev E. V. Questions of allelopathy in forest phytocenoses – state and prospects. *Agrokhimiya [Agrochemistry]*, 2015, no. 4, pp. 85–91 (in Russian).

18. Chegodaeva N. D., Maskaeva T. A., Labutina M. V. Allelopathic influence of Sosnovskyi's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden) on cultivated plants. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2015, no. 2, pt 26, pp. 5845–5849 (in Russian).

19. Laman N. A., Prokhorov V. N., Rosolenko S. I., Timofeeva I. V. Express method for determining the viability of seeds of the cow-bean plant Sosnovskyi (*Heracleum sosnowskyi* Manden). *Kletochnaya biologiya i biotekhnologiya rastenii: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Minsk, 13–15 fevralya 2013 g.)* [Plant cell biology and biotechnology: International scientific and practical conference (Minsk, 13–15 February, 2013)]. Minsk, 2013, p. 171 (in Russian).

20. Mishina M. Yu., Laman N. A., Prokhorov V. N. Influence of swollen seeds of cow-bearded Sosnovskyi (*Heracleum sosnowskyi* Manden) on the germination and growth of seedlings of cultivated plants. *Introduktsiya, sokhraneniye i ispol'zovanie biologicheskogo raznoobraziya mirovoi flory: materialy Mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi 80-letiyu Tsentral'nogo botanicheskogo sada Natsional'noi akademii nauk Belarusi (19–22 iyunya 2012 g., Minsk). Chast' 2* [Introduction, preservation and use of the biological diversity of the world flora: materials of the International conference dedicated to the 80th anniversary of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (June 19–22, 2012, Minsk). Part 2]. Minsk, 2012, pp. 136–138 (in Russian).

21. Kondrat'ev M. N., Budarin S. N., Larikova Iu. S. Physiological and ecological mechanisms of invasive penetration of the Sosnovskyi cow-grass (*Heracleum sosnowskyi* Manden) into unused agroecosystems. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [News of the Timiryazev Agricultural Academy], 2015, Iss. 2, pp. 36–49 (in Russian).

22. Pisula N. L., Scott J. M. Relative allelopathic potential of invasive plant species in a young disturbed woodland. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 2010, vol. 137, no. 1, pp. 81–87. DOI: 10.3159/09-RA-040.1

23. Shaukat S. S., Munir N., Siddiqui I. A. Allelopathic responses of *Coniza canadensis* (L.) Cronquist: A cosmopolitan weed. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2003, vol. 2, no. 14, pp. 1034–1039. DOI: 10.3923/ajps.2003.1034.1039

24. Latif S., Chiapusio G., Weston L. A. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. *Advances in Botanical Research*, 2017, vol. 82, pp. 19–54. DOI: 10.1016/bs.abr.2016.12.001

25. Wang C., Jiang K., Zhou J., Liu J. Allelopathic suppression by *Conyza canadensis* depends on the interaction between latitude and the degree of the plant's invasion. *Acta Botanica Brasiliica*, 2017, vol. 31, no. 2, pp. 212–219. DOI: 10.1590/0102-33062017abb0045

26. Mahmood A., Cheema Z. A., Khaliq A., Hassan A. U. Evaluating the potential of allelopathic plant water extracts in suppressing horse purslane growth. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2010, vol. 12, no. 4, pp. 581–585.

27. Bogatek R., Griazdowska A., Zakrewska W., Oracz K., Gawronski S. W. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. *Biologia Plantarum*, 2006, vol. 50, no. 1, pp. 156–158. DOI: 10.1007/s10535-005-0094-6

28. Kondrat'ev M. N., Larikova Yu. S., Budarin S. N., Klechkovskaya Yu. B., Pashtanova E. S. Allelopathic effect of *Heracleum sosnowskyi* Manden, weed and medicinal plants on cultural species. *Godichnoe sobranie Obshchestva fiziologov rastenii Rossii "Fiziologiya rastenii – teoreticheskaya osnova innovatsionnykh agro- i fitobiotekhnologii": materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii i shkoly molodykh uchenykh. Chast' 2* [Annual meeting of Russian society of plant physiologists "Plant physiology as a theoretical basis for innovative agriculture and phytobiotechnologies": Proceedings of the International scientific conference and School for young scientists. Part 2]. Kaliningrad, 2014, pp. 234–236 (in Russian).

Информация об авторе

Валерий Николаевич Прохоров – д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nan.botany@yandex.by.

Information about the author

Valery N. Prokhorov – D. Sc. (Biol.), Chief 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: nan.botany@yandex.by.