

УДК 504.45.054-34

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НИКЕЛЯ И МЕДИ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН НАТИВНОГО И ЧУЖЕРОДНОГО ВИДОВ РОДА *VIDENS* (ASTERACEAE) ИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ВЕРХНЕГО И СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2018 Крылова Е.Г.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, 152742
e-mail: panovaeg@mail.ru, panova@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила в редакцию 15.01.2018

В лабораторных условиях исследовано влияние солей никеля и меди на прорастание семян нативного вида *Bidens tripartita* L. и чужеродного вида *B. frondosa* L. из географически удалённых популяций. Показано, что семена чужеродного вида устойчивее к действию тяжёлых металлов, чем семена нативного. Возможно, это связано с большей биомассой семян *B. frondosa*, что, наряду с другими показателями, свидетельствует о высокой приспособляемости вида к экстремальным условиям, обеспечивающей его успешное расселение. Различия во всхожести отмечены у *B. tripartita* из популяций Верхней и Средней Волги при действии никеля в концентрации 50 мг/л, меди – 1, 50 и 100 мг/л. Выявлено, что наибольший токсический эффект на прорастание семян оказывает медь при концентрации 50–100 мг/л.

Ключевые слова: сульфаты никеля и меди, прорастание семян, нативный вид *Bidens tripartita* и чужеродный вид *B. frondosa*.

Введение

Негативными последствиями внедрения чужеродных видов растений являются конкуренция за имеющиеся ресурсы и гибридизация с аборигенными видами, вытеснение их из естественных растительных сообществ, что приводит к упрощению структуры ценозов [Виноградова, Возна, 2008]. К таким видам относится *Bidens frondosa* L. (череда облиственная) – североамериканский инвазионный вид из семейства Asteraceae [Абрамова, Нурмиева, 2013]. По данным DAISIE, *B. frondosa* входит в список 50 самых распространённых инвазионных видов Европы [Lambdon et al., 2008]. Череда облиственная в последние 10–15 лет к югу от 58° с. ш. стала достаточно массовым видом с высокой жизнеспособностью, вытесняющим из природных сообществ *B. tripartita* и *B. cernua*

[Папченков, 2007; Виноградова и др., 2010; Ковальчук, Тохтарь, 2013].

Исследованиям биологии и экологии этого вида в условиях вторичного ареала посвящено значительное число работ [Brandel, 2004a; Šafarèikova, Mihulka, 2008; Галкина, 2014; Vinogradova et al., 2014]. *Bidens frondosa* в начальный период онтогенеза имеет более высокую конкурентную способность по отношению к *B. tripartita*, поскольку обладает быстрыми темпами развития и большей биомассой [Васильева, Папченков, 2011]. Кроме того, при прорастании после холодной влажной стратификации у семян *B. frondosa* снижаются температурные требования [Brandel, 2004b]. Вид отличается от других представителей рода *Bidens* длительностью прегенеративных стадий онтогенеза, большим числом боковых побегов и высокой семенной продуктивностью,

быстрым прорастанием семян, которые в период половодья разносятся реками, в результате чего появляются новые очаги инвазии [Борисова, 2010; Галкина, 2014; Yan, 2016; Бубнель, Абрамова, 2017]. Возможно наличие аллелопатического воздействия прорастающих семян на всхожесть и развитие семян других видов *Bidens*, которое было показано для некоторых иных видов растений [Yan et al., 2012; Wang et al., 2014; Gladunova et al., 2016].

У многих представителей семейства Asteraceae отмечен неглубокий физиологический покой. Однако установлено, что на свойства семян влияют географические условия обитания [Николаева, 1999]. Становится очевидным интерес к устойчивости *B. tripartita* и *B. frondosa* в экстремальных условиях существования, одним из которых является действие тяжёлых металлов (ТМ). Ранее нами изучено влияние ТМ на начальные этапы онтогенеза представителей рода *Bidens*, произрастающих в Ярославской области [Крылова, Васильева, 2011а, б]. Цель данного исследования – изучение устойчивости растений *B. tripartita* и *B. frondosa* из разных популяций на начальных этапах онтогенеза к действию солей никеля и меди.

Материалы и методы исследования

Семена *B. tripartita* и *B. frondosa* собирали в окрестностях городов Костромы (Верхнее Поволжье) (57°46' с. ш. и 40°54' в. д.) и Мариинского Посада (Среднее Поволжье) (56°07' с. ш. 47°43' в. д.). Оба города находятся в зоне умеренно-континентального климата, различия наблюдаются в длительности вегетационного периода, годовой амплитуде температур и среднегодовом количестве осадков. После холодной влажной стратификации в дистиллированной воде при температуре +4...+8 °С по 20 шт. семян проращивали в люминостае в чашках Петри при температуре 20–25 °С на фильтровальной бумаге, смоченной растворами NiSO₄·7H₂O или CuSO₄·5H₂O в объёме 15 мл на каждую чашку в разных концентрациях (1, 10, 25, 50 и 100 мг/л). Контроль – дистиллированная вода. Повторность опытов трёхкратная, освещённость 3200 лк, фотопериод 9/

15 (свет: темнота), продолжительность эксперимента 15 сут. В конце эксперимента определяли количество проросших семян в % (лабораторную всхожесть).

Данные представлены в виде средних и их стандартных отклонений и обработаны с применением t-критерия (критерия Стьюдента) при $p > 0.05$.

Результаты и их обсуждение

Семена в эксперименте прорастали дружно, что свидетельствует об их нормальном созревании и способности к прорастанию. Время от начала эксперимента до проклёвывания корешком покровов семени имело близкое значение во всех вариантах. Это позволяет говорить, что исследованные виды, семена которых сформировались в разных климатических условиях, не имеют значительных отличий в типе покоя. Всхожесть семян *B. frondosa* из обеих популяций в контроле достоверно выше, чем *B. tripartita* (рис. 1, 2), что подтверждает литературные данные о высокой всхожести семян этого вида.

При прорастании семян *B. tripartita* под влиянием никеля для обеих популяций не отмечено достоверных различий с контрольными значениями (рис. 1 А, Б). У *B. frondosa* из популяции Верхнего Поволжья только при 25 мг/л выявлено достоверное увеличение всхожести (рис. 1 А). При концентрации никеля 50 и 100 мг/л в популяции Среднего Поволжья всхожесть семян обоих видов превышает контрольные значения (рис. 1 Б). Следует отметить, что 10 мг/л является той концентрацией, после которой происходит адаптация к токсическому влиянию никеля у обоих видов (рис. 1 А, Б). Между популяциями из Верхнего и Среднего Поволжья достоверные различия обнаружены только для *B. tripartita* при концентрациях 50 мг/л.

Это позволяет сделать вывод о сходстве характера приспособления обоих видов к действию никеля и о быстрой адаптации к его воздействию.

При прорастании семян *B. tripartita* под влиянием меди для популяции из Верхнего Поволжья отмечены достоверные различия с кон-

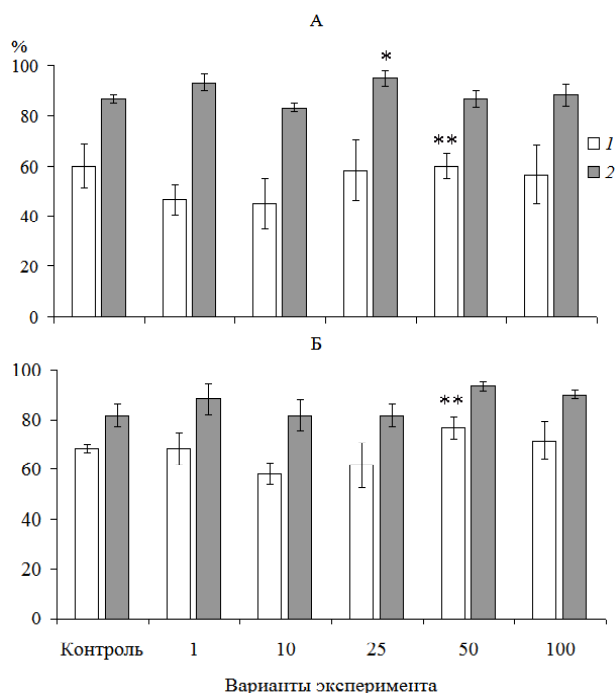


Рис. 1. Влияние сульфата никеля на лабораторную всхожесть семян *B. tripartita* (1) и *B. frondosa* (2) из популяций Верхнего Поволжья (А) и Среднего Поволжья (Б). * – Достоверные различия по сравнению с контролем; ** – достоверные различия между вариантами в разных популяциях. По оси абсцисс – концентрации сульфата никеля (мг/л), по оси ординат – лабораторная всхожесть (%).

трольными значениями при 50 и 100 мг/л (рис. 2 А). У *B. frondosa* достоверное увеличение показателя всхожести при 100 мг/л выявлено в популяции из Среднего Поволжья (рис. 2 Б). Следовательно, по показателю лабораторной всхожести для семян представителей рода *Bidens* медь токсичнее никеля, к тому же есть популяционные различия – семена *B. tripartita* жизнеспособнее в популяции из Среднего Поволжья, *B. frondosa* – в популяции из Верхнего Поволжья. Возможно это – одна из причин подавления *B. tripartita* чужеродным видом *B. frondosa* в Верхневолжском регионе. Для *B. tripartita* из разных популяций отмечены достоверные различия между вариантами 1, 50 и 100 мг/л. В популяции из Верхнего Поволжья угнетение прорастания семян отмечено уже при 1 мг/л, здесь же определена и пороговая концентрация меди 25 мг/л, при превышении которой всхожесть резко уменьшалась. Для популяции из Среднего Поволжья

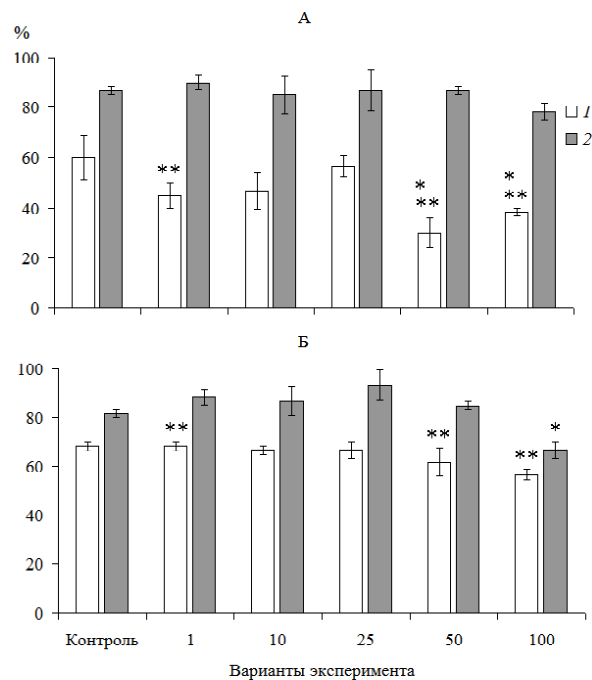


Рис. 2. Влияние сульфата меди на лабораторную всхожесть семян *B. tripartita* (1) и *B. frondosa* (2) из популяций Верхнего Поволжья (А) и Среднего Поволжья (Б). * – Достоверные значения по сравнению с контролем; ** – достоверные различия между вариантами в разных популяциях. По оси абсцисс – концентрации сульфата меди (мг/л), по оси ординат – лабораторная всхожесть (%).

таких закономерностей не выявлено. Возможно, причина в разных экологических условиях формирования семян, которые оказались оптимальными для этого вида в Среднем Поволжье. *B. frondosa* обладает высокой экологической пластичностью, что подтверждено нашими экспериментами по отношению к действию солей ТМ, как экстремальному фактору. Достоверные различия всхожести между семенами *B. tripartita* и *B. frondosa* сохраняются и при влиянии всех концентраций, как никеля, так и меди (рис. 1, 2).

Выводы

1. У семян обоих видов, сформировавшихся в разных географических условиях, не отмечено различий в закономерности ответных реакций их всхожести на действие ТМ.

2. У семян чужеродного вида *B. frondosa* всхожесть достоверно выше, чем у семян нативного *B. tripartita*, в том числе и в условиях

влияния ТМ, что может свидетельствовать о лучшей приспособленности *B. frondosa* к экстремальным условиям существования.

3. Медь токсичнее никеля для прорастания семян обоих видов, при этом семена *B. tripartita* жизнеспособнее в популяции Среднего Поволжья, а *B. frondosa* – в популяции Верхнего Поволжья.

4. Популяционные различия выявлены только для *B. tripartita* при действии никеля в концентрации 50 мг/л, меди – 1, 50 и 100 мг/л.

Благодарности

Автор выражает благодарность н. с. к. б. н. Васильевой Наталье Викторовне (ИБВВ РАН) за помощь в обработке материала.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Растительный покров водоёмов и водотоков России: структура и динамика» (руководитель канд. биол. наук, доцент А.Г. Лапиров). Индекс научного направления VI. 51. Экология организмов и сообществ.

Литература

- Абрамова Л.М., Нурмиева С.В. К биологии инвазионного вида *Bidens frondosa* L. в Предуралье республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (1). С. 358–360.
- Борисова Е.А. Особенности распространения инвазионных видов растений по территории Верхневолжского региона // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 4. С. 2–9.
- Бубнель Э.Р., Абрамова Л.М. Семенная продуктивность инвазивных видов *Xanthium albinum* и *Bidens frondosa* в Башкирском Предуралье // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2017. № 3 (23). С. 1–6.
- Васильева Н.В., Папченков В.Г. Механизмы воздействия инвазионной *B. frondosa* на аборигенные виды череды // Российский журнал биологических инвазий. 2011. № 1. С. 15–22.
- Виноградова Ю.К., Возна Л.И. Инвазительность естественных фитоценозов и конкурентные отношения между аборигенными и инвазионными видами // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения. Мат. межд. научн. конф., посвящ. 135-летию И.И. Сапрыгина. Пенза, 2008. Ч. 1. С. 17–19.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Галкина М.А. Биоморфологические особенности инвазионных видов рода *Bidens* L. в европейской части России: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2014. 137 с.
- Гладунова Н.В., Хапугин А.А., Варгот Е.В. *Bidens frondosa* L. (Asteraceae) в республике Мордовия (Россия) // Российский журнал биологических инвазий. 2016. № 1. С. 41–52.
- Ковальчук И.А., Тохтарь В.К. К хронологии распространения инвазионных видов рода *Bidens* L. (Asteraceae) в Восточной Европе // Фундаментальные исследования. 2013. № 11. С. 1361–1363.
- Крылова Е.Г., Васильева Н.В. Прорастание семян и развитие проростков представителей рода *Bidens* (Asteraceae) в растворах сульфата меди // Вестник Томского государственного университета. 2011а. № 352. С. 207–210.
- Крылова Е.Г., Васильева Н.В. Действие сульфата никеля на начальные этапы онтогенеза растений трёх видов рода *Bidens* (Asteraceae) // Растительные ресурсы. 2011б. Т. 47. Вып. 1. С. 65–71.
- Николаева М.Г. Особенности прорастания семян в зависимости от филогенетического положения растений и эколого-географических условий их обитания // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 3. С. 432–437.
- Папченков В.Г. Флористические находки в бассейне Средней Волги // Ботанический журнал. 2007. Т. 92. № 10. С. 1580–1587.
- Brandel M. Dormancy and germination of heteromorphic achenes of *Bidens frondosa* // Flora. 2004a. Vol. 199. P. 228–233.
- Brandel M. The role of temperature in the regulation of dormancy and germination of two related summer-annual mudflat species // Aquatic Botany. 2004b. Vol. 79. P. 15–32.
- Lambdon P.W., Pyšek P., Basnou C., Hejda M., Arianoutsou M., Essl F., Jarošík V., Pergl J., Winter M., Anastasiu P., Andriopoulos P., Bazos I., Brundu G., Celesti-Grappo L., Chassot P., Delipetrou P., Josefsson M., Kark S., Klotz S., Kokkoris Y., Kuhn I., Marchante H., Perglova I., Pino J., Vila M., Zikos A., Roy D., Hulme Ph. E. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs // Preslia. 2008. Vol. 80. No. 2. P. 101–149.
- Šafářikova S., Mihulka S. Comparative study of closely related Asteraceae species with different invasion status // Neobiota: Towards a Synthesis. 5th European Conference on Biological Invasions. 23–26 September 2008. Prague, Czech Republic, 2008. P. 170.
- Vinogradova Yu.K., Galkina M.A., Mayorov S.R. Variability of the Taxa of the *Bidens* L. Genera and the Problem of Hybridization // Russian Journal of Biological Invasions. 2014. Vol. 5. No. 1. P. 1–11.
- Wang X.F., Hassani D., Cheng Z.W., Wang C.Y., Wu J. Allelopathy of the invasive plant *Bidens frondosa* on the seed germination of *Geum japonicum* var. *chinense* // Genetics and Molecular Research. 2014. Vol. 13 (4). P. 10592–10598.

Yan, Xiao Hong. Reproductive biological characteristics potentially contributed to invasiveness in an alien invasive plant *Bidens frondosa* // Plant Species Biology. 2016. Vol. 31 (2). P. 107–116.

Yan X.H., Zeng J.J., Zhou B., Wang N., Xiang H.H., Kang Y.Y. Allelopathic potential of the extracts from alien invasive plant *Bidens frondosa* // Journal of Yangzhou University, Agricultural and Life Sciences. 2012. Vol. 33. No. 2. P. 88–94.

THE INFLUENCE OF NICKEL AND COPPER SALTS ON SEED GERMINATION OF NATIVE AND ALIEN SPECIES OF *BIDENS* (ASTERACEAE) FROM POPULATIONS OF THE UPPER AND MIDDLE VOLGA

© 2018 Krylova E.G.

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the RAS,
Borok settlement, Yaroslavl region, Nekouzskiy district, 152742;
e-mail: panovaeg@mail.ru, panova@ibiw.yaroslavl.ru

In laboratory conditions, the influence of nickel and copper salts on the germination of seeds of the native species *Bidens tripartita* L. and the alien species *B. frondosa* L. from geographically remote populations was studied. It is shown that the seeds of the alien species are more resistant to the action of heavy metals than the native seeds. Perhaps this is due to the greater biomass of *B. frondosa* seedlings, which, along with other indices, indicates a high adaptability of the species to extreme conditions, ensuring its successful spreading. Differences in germination were observed in *B. tripartita* from populations of the Upper and Middle Volga under the action of nickel and copper in concentrations of 50 mg / l and 1, 50 and 100 mg / l, respectively. The copper was found to have the greatest toxic effect on seed germination at concentration of 50–100 mg / l.

Key words: nickel and copper sulfates, germination of seeds, native species *Bidens tripartita* and alien species *B. frondosa*.