



**ЭКОЛОГИЯ:  
ФАКТЫ,  
ГИПОТЕЗЫ,  
МОДЕЛИ**

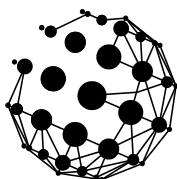
Материалы  
Всероссийской конференции  
молодых ученых, посвященной  
Международному году  
фундаментальных наук

Екатеринбург  
2022

Институт экологии растений и животных УрО РАН

## **ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ**

Материалы Всероссийской конференции молодых ученых,  
посвященной Международному году фундаментальных наук  
18–22 апреля 2022 г.



Екатеринбург

2022

УДК 574 (061.3)

Э 40

**ИЭРиЖ**  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ  
РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ



**Совет молодых  
учёных ИЭРиЖ**

**Экология:** факты, гипотезы, модели. Материалы конф. молодых  
Э 40 ученых, 18–22 апреля 2022 г. / ИЭРиЖ УрО РАН — Екатеринбург:  
ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2022. — 182 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной Международному году фундаментальных наук. Конференция проходила с 18 по 22 апреля 2022 г. на базе Института экологии растений и животных УрО РАН. Организаторами мероприятия выступили ИЭРиЖ УрО РАН, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и Информационный центр по атомной энергии.

Работы участников конференции молодых ученых были представлены в форме устных докладов и oral-poster в рамках традиционного конкурса докладов. Исследования молодых ученых посвящены проблемам изучения биологического разнообразия на молекулярном, видовом, популяционном и экосистемном уровнях, анализу ископаемых остатков различных местонахождений, этологии, экологическим циклам углерода, анализу экологических закономерностей эволюции, поиску механизмов адаптации инвазивных видов к новым условиям, а также популяционным аспектам экотоксикологии.

*В оформлении обложки использована фотография победителя фотоконкурса конференции Шкляр Кирилла Олеговича «Всевидящее око».*

ISBN 978-5-6048857-5-8



9 785604 885758

© Авторы, 2022

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2022

© ООО Универсальная Типография  
«Альфа Принт», 2022

# Выживаемость проростков местных растений под пологом инвазивного *Acer negundo* в полевом эксперименте

О.С. Рафикова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

---

*Ключевые слова: аллелопатия, выживаемость проростков, механизмы инвазивности, инвазивные растения*

Инвазионный или инвазивный вид – это расселившийся в результате деятельности человека биологический вид, распространение которого угрожает биологическому разнообразию (Антипенко и др., 2006). В связи с этим особое значение приобретает определение механизмов внедрения чужеродных видов в местные экосистемы. Одна из гипотез успешности чужеродных инвазивных растений предполагает выделение ими аллелопатически активных веществ (Виноградова, 2009), т.н. гипотеза «нового оружия» (Novel Weapon Hypothesis, Callaway, Ridenour, 2004). Согласно этой гипотезе, некоторые инвазивные виды выделяют уникальные химические соединения, новые для местных сообществ. Высвобождение соединений, к которым местные виды не адаптированы, может дать конкурентное преимущество чужеродным растениям (Callaway, Ridenour, 2004; Weidenhamer, Callaway, 2010).

В метаанализе, опубликованном в 2021 г., обобщены результаты 384 исследований, в которых измерялись аллелопатические эффекты (Zhang et al., 2021). Авторы пришли к выводу, что аллелопатия снижает продуктивность растений на 25%, однако вариабельность аллелопатических эффектов была высокой. В целом, аллелопатия может способствовать успеху чужеродных растений. Также, местные растения больше угнетались водными смывами с натурализованных чужеродных растений, чем смывами с местных видов. Однако не все инвазивные растения аллелопатически активны (Olson, Wallander, 2002; Gruntman et al., 2017). Не получено подтверждения аллелопатических эффектов в отношении чужеродных *Euphorbia esula* L. и *Centaurea stoebe* L. (Olson, Wallander, 2002); *Solidago gigantea* Ait., *Impatiens glandulifera* Royle и *Erigeron annuus* (L.) Pers. (Del Fabbro et al., 2014); *Impatiens glandulifera* Royle (Gruntman et al., 2017); *Thymus vulgaris* L. (Nielsen et al., 2015).

Доказательства гипотезы о «новом оружии» в основном получены в результате вегетационных тепличных экспериментов, но в полевых экспериментах не все инвазивные растения демонстрируют подавление прорастания семян по сравнению с местными растительными сообществами (Del Fabbro et al., 2014). Поэтому есть предположение, что инвазивные виды выделяют аллелопатические соединения в той же степени, что и местные (Del Fabbro et al., 2014; Chobot et al., 2009). Такая разница в результатах доказывает необходимость проведения полевых экспериментов при изучении аллелопатии как механизма инвазивности для каждого конкретного чужеродного вида.

Объект исследования – инвазивный в Евразии *Acer negundo* L. – вид-трансформер, который может преобразовывать аборигенные экосистемы (Виноградова и др., 2010; Веселкин и др., 2021). Существуют различные оценки аллелопатической активности *A. negundo*. Имеются данные об ингибировании местных видов (Csiszar, 2009; Еременко, 2012; Csiszar et al., 2013; Александров, Калашников, 2019), есть описания неясных эффектов или их отсутствия (Панасенко и др., 2018; Веселкин и др., 2019; Веселкин, Рафикова, 2022). Некоторые исследования показали, что аллелохимические вещества из опавших листьев *A. negundo* подавляют прорастание семян и рост проростков. Однако эффект зависит от концентрации аллелохимических веществ. Для концентраций экстрактов, принятых за близкие к природным (1:100), отрицательного действия на тест-объекты не выявлено (Nikolaeva et al., 2021). Известны также случаи стимуляции прорастания семян растений-реципиентов соединениями *A. negundo* (Цандекова, 2019, 2020). При этом ряд результатов был получен при использовании в качестве контрольной обработки только воды (Еременко, 2012; Александров, Калашников, 2019; Nikolaeva et al., 2021) без сравнения с аборигенными видами растений (Панасенко и др., 2018). Таким образом, известно несколько исследований аллелопатической активности *A. negundo*, но их результаты противоречивы. Для надежной оценки аллелопатических эффектов *A. negundo* необходимо накопление методически строгих результатов опытов различного дизайна. Поэтому необходима проверка предположения об аллелопатическом влиянии *A. negundo* на выживаемость местных видов растений в условиях, приближенных к природным сообществам. **Цель работы** – в полевом эксперименте проверить гипотезу о более низкой выживаемости семян местных растений в зарослях инвазивного *Acer negundo* L.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Растение-донор.** *Acer negundo* L. – клен ясенелистный или американский, листопадное дерево семейства Sapindaceae. Его первичный

ареал находится в Северной Америке. Во вторичном ареале он представляет угрозу биологическому разнообразию, в т.ч. снижая видовое богатство (Веселкин, Дубровин, 2019; Veselkin et al., 2021). Клен ясенелистный занесен в Черную книгу флоры Средней России и Сибири (Непоградова и др., 2010; Эбель и др., 2016).

**Растения-реципиенты.** *Festuca rubra* L. – травянистый многолетник семейства Poaceae; *Sinapis alba* L. – травянистый однолетник семейства Brassicaceae; *Trifolium repens* L. – травянистый многолетник семейства Fabaceae.

Исследование проведено в г. Екатеринбурге (56°50' с.ш., 60°35' в.д.). Было выбрано 3 участка в черте города на территории крупных урбанизированных лесных насаждений (ЦПКиО им. Маяковского, Ботанический сад УрО РАН, Юго-Западный лесопарк). На каждом участке заложено по 2 варианта участков, один в зарослях инвазивного *Acer negundo* (An+), другой в сообществе с доминированием других видов деревьев (An–). Сомкнутости крон на участках с *A. negundo* и без него были близкими. В каждом из вариантов намечали по 8 квадратов 50 × 50 см. Их перекапывали на глубину 3–5 см, очищали от подстилки, сорняков и крупного мусора. Высеваемый в квадрат вид растения-реципиента назначали случайно. Затем в центре квадрата 50 × 50 см обозначали квадрат 25 × 25 см, в который высевали по 100 семян. В каждом варианте каждый вид растений-реципиентов посеять в двух повторностях.

Выживаемость – это доля живых проростков, наблюдаемых к моменту окончания учета, от числа высеянных семян. Продолжительность эксперимента составила 30 сут. Выживаемость фиксировали на 30 сутки. Схема эксперимента: 3 проращиваемых вида × 3 участка × 2 варианта местообитаний × 2 повторности на каждый вид. Статистический анализ выполнен с использованием ANOVA, учетной единицей был засеянный квадрат.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Самая высокая средняя выживаемость отмечена у *S. alba* (0.48±0.09), ниже она была у *F. rubra* (0.36±0.05), самая низкая доля сохранившихся проростков отмечена у *T. repens* (0.17± 0.05). Эти видовые различия значимы в однофакторном ANOVA, фактор «вид растений-реципиентов»,  $F_{(2; 30)} = 7.23$ ;  $p = 0.0028$ . Для всех видов выживаемость была выше в зарослях *A. negundo*. В двухфакторном ANOVA (факторы: вариант опыта; вид растений-реципиентов) значимость различий для фактора «вариант опыта» была  $F_{(1; 30)} = 21.39$ ;  $p < 0.0001$ .

Если рассматривать каждый вид отдельно, тенденция более высокой выживаемости под *A. negundo* сохраняется (см. рис.). Средняя выжи-

ваемость проростков *F. rubra* в контрольном варианте была  $0.27 \pm 0.07$ , а в варианте Ап+ составила  $0.44 \pm 0.05$ , что в 1.6 раза выше. Средняя доля выживших проростков *S. alba* в варианте Ап–  $0.30 \pm 0.13$ , а в варианте Ап+ выживаемость проростков в 2.2 раза выше ( $0.66 \pm 0.08$ ). Проростки *T. repens* также в среднем в 11.4 раза лучше выживали в варианте с инвазивным кленом (контрольный вариант  $0.03 \pm 0.01$ , вариант Ап+  $0.30 \pm 0.06$ ). В однофакторном ANOVA, фактор «вариант опыта» различия в более высокой выживаемости под *A. negundo* значимы для двух видов-реципиентов из трех: *S. alba* ( $F_{(1; 10)} = 5.83$ ;  $p = 0.0364$ ); *T. repens* ( $F_{(1; 10)} = 24.82$ ;  $p = 0.0006$ ). Для *F. rubra* различия не значимы ( $F_{(1; 10)} = 4.32$ ;  $p = 0.0643$ ).

Итак, в полевом эксперименте не подтвердилась гипотеза о более низкой выживаемости проростков местных растений под пологом инвазивного *A. negundo*. Несмотря на видоспецифичность, у всех видов-реципиентов выживаемость была выше при выращивании на почве в инвазивных зарослях. Это подтверждается как при совместном анализе всех видов растений-реципиентов, так и при их отдельном рассмотрении. Однако, в целом, эффекты воздействия клена небольшие. Можно предположить несколько объяснений наблюдаемым результатам.

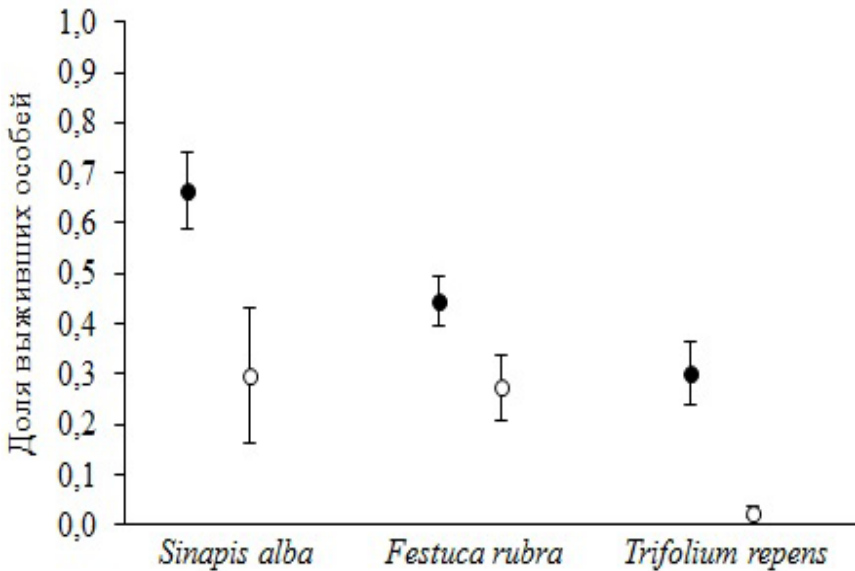


Рисунок. Выживаемость проростков *Sinapis alba*, *Festuca rubra*, *Trifolium repens* на 30 суток. Светлые точки – варианты без *Acer negundo*, темные точки – варианты с *Acer negundo*; точки – среднее, интервалы – SE.

Помимо аллелопатического влияния клена, можно предполагать особенности абиотических условий. На экспериментальных участках в зарослях инвазивного клена влажность почвы выше по сравнению с контрольными участками с доминированием местных деревьев (Дубровин и др., 2019). Это может благоприятно сказываться на выживании проростков под пологом *A. negundo*.

Кроме влажности могут иметь значение и другие свойства почвы. Возможно, что высокая скорость разложения опада клена ясенелистного и быстрый круговорот веществ в его зарослях могут стимулировать прорастание семян (Janusauskaite, Straigyte, 2011). Это также может создавать благоприятные условия для выживания проростков.

Возможно также, что для объяснения особенностей почвы под кленом подходят гипотеза Янцена – Коннелла (Janzen – Connell Hypothesis, Janzen, 1970; Connell, 1971) и гипотеза «освобождения от врагов» (Enemy Release Hypothesis, Keane, Crawley, 2002). Гипотеза Янцена – Коннелла объясняет высокое биоразнообразие в тропических лесах. Согласно ей специфические для дерева-хозяина патогены делают условия под ним непригодными для выживания сеянцев. Гипотеза «освобождения от врагов» объясняет часть успеха инвазивных видов отсутствием во вторичном ареале их естественных врагов, в т. ч. патогенов, из первичного ареала. Вместе эти гипотезы могут объяснить более благоприятные условия для проростков под инвазивным кленом. Таким образом, в местах произрастания *A. negundo* может быть меньше почвенных патогенов, атакующих местные растения.

Кроме выживаемости, в будущих исследованиях необходима оценка и других параметров растений-реципиентов: подземной и наземной биомассы, микоризного симбиоза. Также возможно, что влияние *A. negundo* неодинаково проявляется в разное время вегетационного сезона и связано с погодными условиями. Экспериментальная проверка этих предположений поможет объяснить механизмы влияния инвазивных видов на местные сообщества.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе полевого эксперимента выявлено, что на почве в зарослях инвазивного *Acer negundo* выживаемость проростков *Sinapis alba*, *Festuca rubra* и *Trifolium repens* была выше по сравнению с сообществами с доминированием других видов деревьев. Эффекты воздействия условий под пологом *Acer negundo* на прорастание растений-реципиентов были значимы. Наши результаты позволяют сделать вывод о более благоприятных условиях для прорастания семян под *A. negundo*, чем на других урбанизированных участках древесной растительности.



## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ проект № 20-34-90084.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров Д.С., Калашиников Д.В. Влияние экстрактов листового опада березы и кленов на прорастание семян и начальные этапы роста газонных культур // Вестник ландшафтной архитектуры. 2019. № 17. С. 3–6.
- Антипенко Т.А. и др. Энциклопедия лесного хозяйства. Т. 1. М.: ВНИИЛМ, 2006. 416 с.
- Веселкин Д.В., Дубровин Д.И. Разнообразие травяного яруса урбанизированных сообществ с доминированием инвазивного *Acer negundo* // Экология. 2019. № 5. С. 323–331.
- Веселкин Д.В., Дубровин Д.И., Рафикова О.С. и др. Затенение и перехват света в зарослях инвазивных видов *Acer negundo* и *Sorbaria sorbifolia* // РЖБИ. 2021. № 4. С. 30–42.
- Веселкин Д.В., Рафикова О.С. Влияние водных вытяжек из листьев кле-на ясенелистного и листьев местных видов деревьев на раннее развитие растений // Экология. 2022. № 2. С. 1–10.
- Веселкин Д.В., Рафикова О.С., Екшибаров Е.Д. Почва из зарослей инвазивного *Acer negundo* неблагоприятна для образования микоризы у аборигенных трав // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80. № 3. С. 214–225.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: Издательство ГЕОС, 2010. 503 с.
- Дубровин Д.И., Рафикова О.С., Веселкин Д.В. Влажность почвы в урбанизированных сообществах с доминированием инвазивного *Acer negundo* // Проблемы антропогенной трансформации природной среды. Материалы междунар. конф. (14–15 ноября 2019 г.). Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2019. С. 14–16.
- Ерёменко Ю.А. Аллелопатические свойства адвентивных видов древесно-кустарниковых растений // Промышленная ботаника. 2012. № 12. С. 188–193.
- Панасенко Н.Н., Володин В.В., Володченко Ю.С., Холенко М.С. Аллелопатические свойства *Acer negundo* // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2018. №. 1. С. 34–36.
- Цандекова О.Л. Особенности химического состава растительного опада *Acer negundo* L. (Sapindaceae) в условиях нарушенных пойменных фитоценозов // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 197–203.

- Цандекова О.Л. Роль аллелопатического влияния *Acer negundo* L. на рост травянистых растений // Вестник Нижневартговского государственного университета. 2020. № 1. С. 15–18.
- Эбель А.Л., Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О. и др. Черная книга флоры Сибири. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2016. 440 с.
- Callaway R.M., Ridenour W.M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2004. Vol. 2. № 8. P. 436–443.
- Chobot V., Huber C., Tretenhahn G. et al. ( $\pm$ )-Catechin: chemical weapon, antioxidant, or stress regulator? // *Journal of chemical ecology*. 2009. Vol. 35. № 8. P. 980–996.
- Connell J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees // *Dynamics of populations*. 1971. Vol. 298. P. 298–310.
- Csiszár Á. Allelopathic effects of invasive woody plant species in Hungary // *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 2009. Vol. 5. P. 9–17.
- Csiszár Á., Korda M., Schmidt D. et al. Allelopathic potential of some invasive plant species occurring in Hungary // *Allelopathy Journal*. 2013. Vol. 31. № 2. P. 309–318.
- Del Fabbro C., Gusewell S., Prati D. Allelopathic effects of three plant invaders on germination of native species: a field study // *Biological invasions*. 2014. Vol. 16. № 5. P. 1035–1042.
- Gruntman M., Segev U., Glauser G. et al. Evolution of plant defences along an invasion chronosequence: defence is lost due to enemy release—but not forever // *Journal of Ecology*. 2017. Vol. 105. № 1. P. 255–264.
- Janusauskaite D., Straigyte L. Leaf litter decomposition differences between alien and native maple species // *Baltic For*. 2011. Vol. 17. P. 189–196.
- Janzen D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests // *The American Naturalist*. 1970. Vol. 104. № 940. P. 501–528.
- Keane R.M., Crawley M.J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis // *Trends in ecology & evolution*. 2002. Vol. 17. № 4. P. 164–170.
- Nielsen J.A., Frew R.D., Whigham P.A. et al. Germination and growth responses of co-occurring grass species to soil from under invasive *Thymus vulgaris* // *Allelopathy Journal*. 2015. Vol. 35. № 1. P. 139–152.
- Nikolaeva A.A., Golosova E.V., Shelepova O.V. Allelopathic activity of *Acer negundo* L. leaf litter as a vector of invasion species into plant communities // *BIO Web of Conferences*. 2021. Vol. 38. № 00088. P. 1–7.
- Olson B.E., Wallander R.T. Effects of invasive forb litter on seed germination, seedling growth and survival // *Basic and Applied Ecology*. 2002. Vol. 3. № 4. P. 309–317.

- Veselkin D.V., Dubrovin D.I., Pustovalova L.A.* High canopy cover of invasive *Acer negundo* L. affects ground vegetation taxonomic richness // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. P. 1–12.
- Weidenhamer J.D., Callaway R.M.* Direct and indirect effects of invasive plants on soil chemistry and ecosystem function // Journal of chemical ecology. 2010. Vol. 36. № 1. P. 59–69.
- Zhang Z., Liu .Y, Yuan L.* et al. Effect of allelopathy on plant performance: a meta–analysis // Ecology Letters. 2021. Vol. 24. № 2. P. 348–362.

DOI: [10.24412/cl-36986-2022-1-128-135](https://doi.org/10.24412/cl-36986-2022-1-128-135)