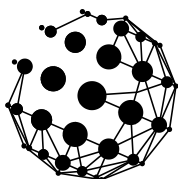


Институт экологии растений и животных УрО РАН

**ЭКОЛОГИЯ:
ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ**

Материалы конференции молодых ученых,
12–15 апреля 2021 г.



Екатеринбург

2021

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, 12–15 апреля 2021 г. / ИЭРиЖ УрО РАН — Екатеринбург:
ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2021. — 206 с.

В сборнике опубликованы материалы юбилейной Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 60-летию Молодежной конференции ИЭРиЖ УрО РАН и Году науки и технологий в России, прошедшей в г. Екатеринбурге в апреле 2021 г. Впервые работы участников конференции молодых ученых были представлены очно и дистанционно в форме устных докладов и oral-poster. В очередной раз состоялся традиционный конкурс докладов, членами комиссии было отмечено высокое качество докладов юбилейной конференции. Исследования молодых ученых посвящены проблемам изучения биологического разнообразия на популяционном, видовом и экосистемном уровнях, анализу экологических закономерностей эволюции, поиску механизмов адаптации биологических систем к экстремальным условиям, а также популяционным аспектам эколо- гии, радиобиологии и радиоэкологии, часть докладов носили прикладной характер.

В оформлении обложки использованы фотографии победителя фотоконкурса конференции Майоровой Е.Ю.

ISBN 978-5-907502-26-0



9 785907 502260

© Авторы, 2021

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2021

© ООО Универсальная Типография
«Альфа Принт», 2021

Водные вытяжки из листьев инвазивного *Acer negundo* не подавляют прорастание семян больше, чем вытяжки из листьев местных видов

О.С. Рафикова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: аллелопатия, ингибирование прорастания семян, механизмы инвазивности, инвазивные растения

Аллелопатию и близкие экологические феномены, такие как почво-утомление и plant-soil feedback, активно исследуют как предполагаемые механизмы успеха чужеродных (инвазивных) растений во вторичных ареалах (Klironomos, 2002; Callaway, Ridenour, 2004; Anacker et al., 2014; Brouwer et al., 2015).

Изучение аллелопатии проводят разными методами – в лабораторных биотестах, в том числе, в чашках Петри, в тепличных вегетационных и полевых экспериментах (Sharma et al., 2000; Tseng et al., 2003; Nasir et al., 2005; Dorning, Cipollini, 2006; Zhang, Fu, 2010; Chen et al., 2013; Fang et al., 2019; Lu et al., 2020). Ученые много раз обсуждали методические трудности таких биотестов (Dakshini, 1995; Weston, 2000; John et al., 2006). Возможно, что часть лабораторных биотестов не характеризуют взаимодействия в природе из-за несоответствия лабораторных условий естественным и отсутствия стандартизированных методов или критических контролей (John et al., 2006).

С несовершенством экспериментальных методик частично связана неясность реальности аллелопатии как механизма экологического успеха того или иного растения. Например, инвазивный в Евразии *Acer negundo* L. – вид-трансформер, который может преобразовывать аборигенные экосистемы (Виноградова и др., 2010). В отношении аллелопатической активности *A. negundo* получены результаты широкого спектра: есть подтверждения ингибирующей прорастание аллелопатической активности (Csiszár, 2009; Ерѐменко, 2012; Csiszár et al., 2013; Александров, Калашников, 2019); есть описания неясных эффектов или их отсутствия (Панасенко и др., 2018; Веселкин и др., 2019); есть случаи стимуляции прорастания семян тест-объектов веществами *A. negundo* (Цандекова, 2019). При этом часть результатов получена с использованием в качестве контроля только воды (Ерѐменко, 2012;

Александров, Калашников, 2019) без сравнений с местными видами (Панасенко и др., 2018). Таким образом, известно несколько исследований аллелопатической активности *A. negundo*. Но их результаты, во-первых, противоречивы, а, во-вторых, эти исследования не всегда методически безупречны. Поэтому выяснение механизмов экологического успеха *A. negundo* – актуальная задача. Для надежного суждения об аллелопатических эффектах *A. negundo* необходимо накопление методически строгих результатов экспериментов разного дизайна.

Цель работы: оценить влияние водных вытяжек из летних (зеленых) и осенних (расцветченных) листьев *A. negundo* на прорастание семян разных видов травянистых растений в экспериментах с чашками Петри.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в г. Екатеринбург (56°50' с. ш. 60°35' в. д.). Для приготовления экстрактов листья донорных растений собирали на территории крупного внутригородского Центрального парка культуры и отдыха им. Маяковского (56°48' с.ш. 60°38' в.д.). Растительность парка формируют сосновые леса, с небольшой примесью *Betula* spp., *Populus tremula* L., *Tilia* sp.

Растения-доноры. Изучали аллелопатическую активность одного инвазивного вида – *A. negundo* и трёх местных – *Sorbus aucuparia* L., *Prunus padus* L. и *Salix caprea* L. Все четыре вида – обычные виды подлеска урбанизированных лесов в районе г. Екатеринбург (Веселкин и др., 2018). *A. negundo* – дерево семейства Sapindaceae. Североамериканский вид, инвазивный на большей части своего интродуцированного ареала. *S. aucuparia* – кустарник или дерево семейства Rosaceae. *P. padus* – кустарник, редко дерево семейства Rosaceae. *S. caprea* L. – дерево семейства Salicaceae.

Растения-реципиенты. *Festuca rubra* L. – травянистое многолетнее растение семейства Poaceae. *Sinapis alba* L. – травянистое однолетнее растение семейства Brassicaceae. *Trifolium repens* L. – травянистый многолетник семейства Fabaceae.

Сбор листьев и приготовление водных вытяжек. Свежие листья не менее чем с пяти особей каждого донорного вида собирали на высоте 1.5–3.0 м. Листья не измельчали, максимально сохраняя их целостность. Вытяжки готовили, смешивая листья с дистиллированной водой в соотношении 1:10 по массе (John et al., 2006). Вытяжки настаивали 24 часа в темном месте при комнатной температуре, затем фильтровали через фильтровальную бумагу. Колбы с готовыми вытяжками хранили в холодильнике при +4 °С. Каждые 7 суток готовили свежие вытяжки.

Проращивание семян. Семена растений-реципиентов приобретались коммерчески (*F. rubra* – Россия, ООО «Зеленый Ковер», соответствуют ГОСТ Р 52325-2005, произведены 01.2020 г. *S. alba* – Россия, ООО «Лама Торф», произведены 12.09.2020, *T. repens* – Россия, ООО «Зеленый Ковер», соответствуют ГОСТ Р 52325-2005, произведены 06.2020 г.). До момента прорастания семена хранились в тёмном месте при комнатной температуре.

Семена поверхностно стерилизовали 0.1%-м раствором NaOCl 2 мин, затем промывали дистиллированной водой. В каждую чашку на 2 слоя фильтровальной бумаги помещали по 50 семян *F. rubra*, *S. alba* или *T. repens*, которые увлажняли соответствующим экстрактом или водой. Учёт всхожести проводили в течение 14 суток.

Общая схема эксперимента. Всего было пять вариантов вытяжки: один инвазивный вид дерева, три местных вида древесных, дистиллированная вода – отрицательный контроль. Всего было три вида растений-реципиентов. Каждое сочетание «вытяжка × растение-реципиент» воспроизвели в трёх повторностях. Всего было 45 чашек Петри, которые экспонировались одновременно на одном столе. В горизонтальном пространстве чашки размещали рандомизировано и ежедневно перемешивали. По этой схеме последовательно провели два эксперимента. Первый эксперимент был 06.08.2020–21.08.2020 с летними (зелеными) листьями деревьев; второй – 11.09.2020–25.09.2020 с осенними (расцвеченными) листьями деревьев.

Статистический анализ. Скорость прорастания семян оценивали, используя логистическую кривую вида (формула 1):

$$y = \frac{A - a_0}{1 + \exp(\alpha + \beta x)} + a_0, \quad (1)$$

, где y – оценка доли проросших семян; x – оценка времени после начала проращивания; α и β – коэффициенты, которые находили методом численных итераций; a_0 – минимальная всхожесть, которую для всех чашек Петри приняли за ноль; A – максимальная всхожесть, т.е. максимальная зарегистрированная за 14 суток доля проросших семян. Логистическую аппроксимацию строили для каждой из 45 чашек Петри в каждом эксперименте, как показано на рис. 1. Затем после нахождения коэффициентов α и β , аналитически находили нижнюю ($x_{10\%}$), среднюю ($x_{50\%}$) и верхнюю ($x_{90\%}$) критические точки, которые определяют время прорастания, соответственно 10, 50 и 90% семян.

Координаты этих точек ($x_{10\%}$, $x_{50\%}$, $x_{90\%}$, x_{max} , y_{max}) в дальнейшем анализировали с помощью двухфакторного и трёхфакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Однородность дисперсий контролировали с помощью критерия Левена, а попарные различия между вариантами

оценивали с помощью критерия Тьюки. Статистический анализ проводили с помощью программы STATISTICA 8.0 (StatSoft, USA).

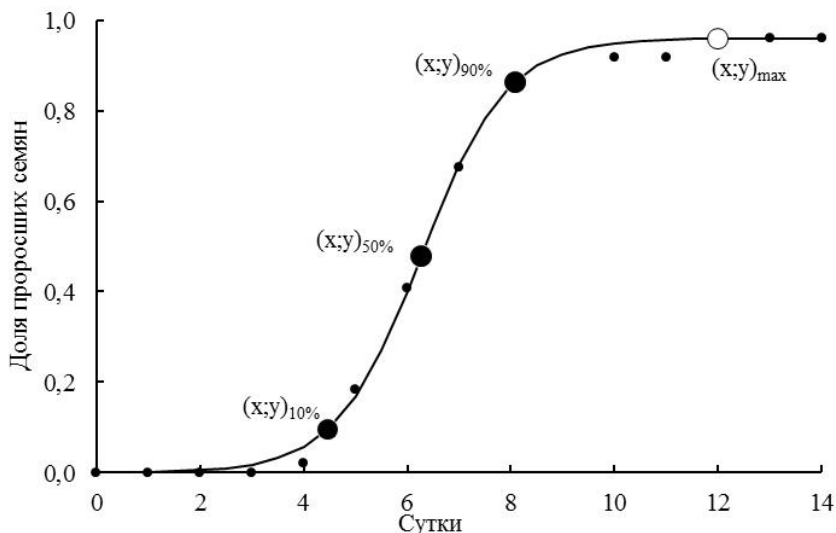


Рисунок 1. Всхожесть семян *F. rubra* в случайной чашке Петри на дистиллированной воде в эксперименте с зелеными листьями; $x_{y_{10\%}}$, $x_{y_{50\%}}$ и $x_{y_{90\%}}$ – нижняя, средняя и верхняя критические точки; $x_{y_{max}}$ – точка достижения максимума доли проросших семян.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проращение семян растений-реципиентов. Видовые особенности скорости и скорости проращения семян растений-реципиентов были хорошо выражены, о чем свидетельствует большая значимость влияния фактора «растения-реципиенты» на все параметры проращения семян (табл. 1). Средняя во всех вариантах максимальная всхожесть (параметр y_{max}) у *S. alba* была 0.95 ± 0.01 , у *F. rubra* – 0.87 ± 0.02 , у *T. repens* – 0.74 ± 0.01 . При этом семена растений-реципиентов также прорастали с разной скоростью. Быстрее всего прорастали семена *S. alba* ($x_{50\%} = 2.2 \pm 0.2$ сут; $x_{max} = 7.0 \pm 0.5$), медленнее – *T. repens* ($x_{50\%} = 4.1 \pm 0.2$ сут; $x_{max} = 9.9 \pm 0.6$ сут), ещё медленнее – *F. rubra* ($x_{50\%} = 5.9 \pm 0.1$ сут; $x_{max} = 13.1 \pm 0.6$). Таким образом, самое активное и быстрое проращение было у *S. alba*, а самое медленное – у *F. rubra* (рис. 2, 3).

Сезонные особенности проращения. Особенности проращения семян летом или осенью не выражены в отношении абсолютной всхожести, но хорошо заметны в отношении скорости проращения. Летом семена прорастали несколько быстрее (общее среднее значение для всех вариантов $x_{50\%} = 3.2 \pm 0.3$ сут; $x_{max} = 8.5 \pm 0.6$ сут), чем осенью ($x_{50\%} = 4.9 \pm 0.2$ сут; $x_{max} = 11.5 \pm 0.4$ сут). Это может быть связано

с благоприятным периодом для прорастания семян, который заканчивается осенью.

Несмотря на значимое взаимодействие факторов «растения-реципиенты» × «сезон» (таблица), различия между видами растений-реципиентов по скорости прорастания летом и осенью были одинаковыми: *S. alba* в обоих случаях проросла быстро, *T. repens* – медленнее, *F. rubra* – ещё медленнее (рис. 2, 3). Таким образом, осенью прорастание семян растений-реципиентов происходило медленнее, но в целом, несмотря на 1.5–4-суточую задержку, не менее успешно, чем летом.

Таблица. Значимость влияния факторов «растения-реципиенты», «сезон» и «вариант вытяжки» в 3-факторном ANOVA.

Параметр	Факторы			Взаимодействия факторов			
	Растения-реципиенты (dF = 2)	Сезон (dF = 1)	Вариант вытяжки (dF = 4)	Растения-реципиенты × Сезон (dF = 2)	Растения-реципиенты × Вариант вытяжки (dF = 8)	Сезон × Вариант вытяжки (dF = 4)	Растения-реципиенты × Сезон × Вариант вытяжки (dF = 8)
Максимальная всхожесть (y_{\max})	<0.01	0.04	0.06	0.07	0.88	0.84	0.30
Сутки прорастания:							
максимального числа семян (x_{\max})	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	0.43	0.24	0.82
10% семян ($x_{10\%}$)	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.04	0.28	0.29
50% семян ($x_{50\%}$)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.19	<0.01
90% семян ($x_{90\%}$)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.60	0.83	0.02

Вытяжки из разных растений-доноров. Средняя максимальная всхожесть не различалась в зависимости от варианта опыта: вода – 0.87 ± 0.02 ; *S. caprea* – 0.85 ± 0.03 ; *P. padus* – 0.87 ± 0.02 ; *S. aucuparia* – 0.83 ± 0.02 ; *A. negundo* – 0.86 ± 0.02 . Однако скорость прорастания зависела от вида растений-доноров, из листьев которого делали вытяжку.

По параметрам $x_{50\%}$, $x_{90\%}$ и x_{\max} заметно замедление прорастания семян на вытяжках некоторых растений-доноров. Средние значения параметра $x_{50\%}$ составили: вода – 3.6 ± 0.4 суток; *S. caprea* – 4.0 ± 0.5 суток; *P. padus* – 3.8 ± 0.4 суток; *S. aucuparia* – 4.8 ± 0.5 суток; *A. negundo* – 4.0 ± 0.4 суток. По критерию Тьюки значимые различия были между вариантами «*S. aucuparia*» и всем остальными вариантами ($P < 0.01$),

а также между вариантами «вода» и «*A. negundo*» ($P < 0.01$); между вариантами «вода» и «*S. caprea*» ($P < 0.01$).

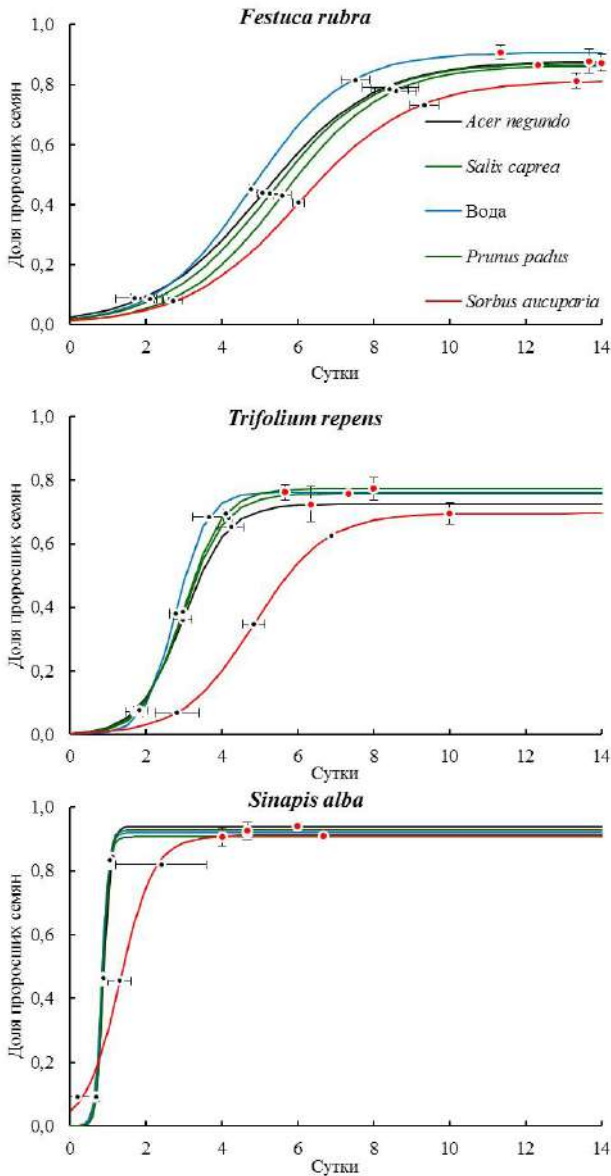


Рисунок 2. Всхожесть семян растений-реципиентов при проращивании на вытяжках из летних листьев. Черные точки – нижние, средние и верхние критические точки; красные точки – точки достижения максимума функции; интервалы – ошибка среднего (SE).

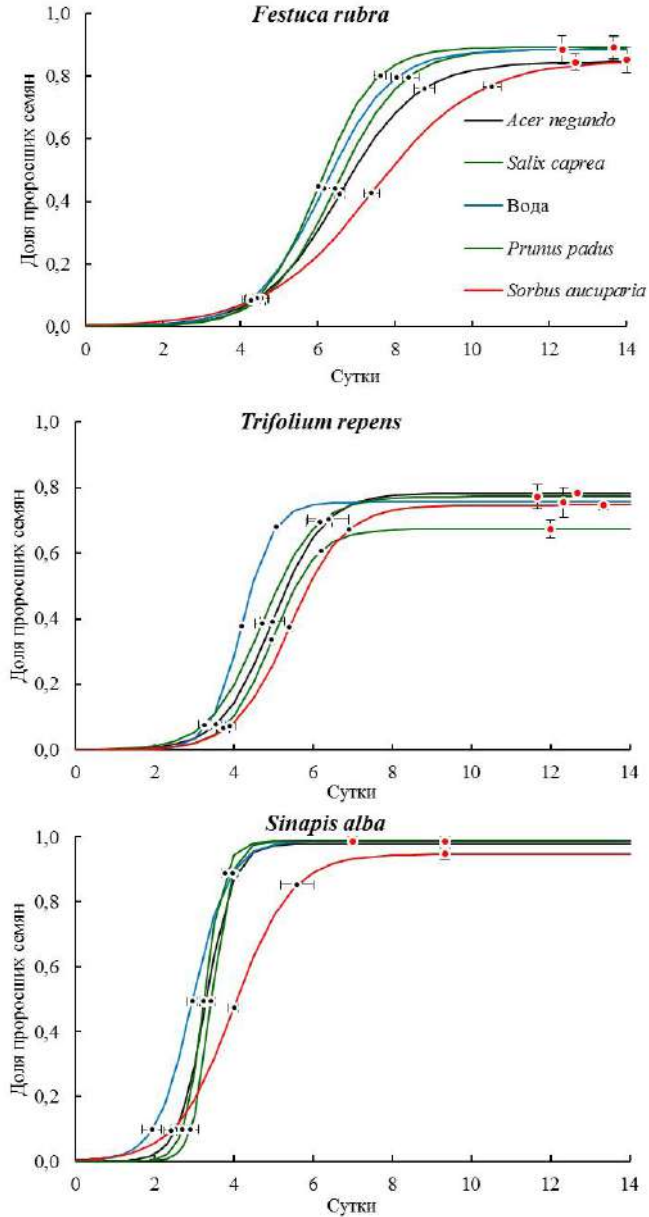


Рисунок 3. Всхожесть семян растений-реципиентов при проращивании на вытяжках из осенних листьев. Черные точки – нижние, средние и верхние критические точки; красные точки – точки достижения максимума функции; интервалы – ошибка среднего (SE).

Средние значения параметра $x_{90\%}$ составили: вода – 4.9 ± 0.6 суток; *S. caprea* – 5.4 ± 0.6 суток; *P. padus* – 5.2 ± 0.6 суток; *S. aucuparia* – 6.9 ± 0.7 суток; *A. negundo* – 5.5 ± 0.7 суток. По критерию Тьюки значимые различия были между вариантами «*S. aucuparia*» и всеми остальными вариантами ($P < 0.0001$); между вариантами «вода» и «*A. negundo*» ($P < 0.01$); между вариантами «вода» и *S. caprea* ($P = 0.02$). Значения параметра x_{max} составили: вода – 9.3 ± 0.8 суток; *S. caprea* – 9.8 ± 0.8 суток; *P. padus* – 9.8 ± 1.0 суток; *S. aucuparia* – 11.1 ± 0.4 суток; *A. negundo* – 10.1 ± 0.8 суток. По парному критерию Тьюки значимые различия были только между вариантами «вода» и «*S. aucuparia*» ($P = 0.02$). Таким образом, по параметру x_{max} быстрее всего прорастали семена на воде и медленнее всего – на вытяжках из *S. aucuparia*.

В оба сезона наблюдался выраженный ингибирующий эффект вытяжек из листьев местного кустарника *S. aucuparia* (рис. 2). Такое ингибирование прорастания было хорошо заметно при сравнении эффектов от вытяжек из *S. aucuparia* с дистиллированной водой. Таким образом, водные вытяжки из листьев *S. aucuparia* обладают, вероятно, аллелопатической активностью, хотя и невысокой, приводящей только к замедлению прорастания трав, но не к уменьшению общей доли проросших семян.

Установлено только слабое влияние инвазивного *A. negundo* на прорастание семян модельных видов трав. Если сравнивать воздействие вытяжек *A. negundo* только с водой, то можно получить статистическое подтверждение ингибирования. Например, различия между средними значениями параметра $x_{50\%}$ при проращивании на вытяжках из *A. negundo* (4.0 ± 0.4 суток) и на воде (3.6 ± 0.4 суток) были бы значимы (по критерию Тьюки $P < 0.01$; получены в трёхфакторном ANOVA при исключении из анализа вытяжек *S. caprea*, *P. padus* и *S. aucuparia*). Ингибирующее влияние *A. negundo* на прорастание было не сильнее, чем аналогичное влияние *S. caprea* и *P. padus*, и слабее, чем ингибирующее влияние *S. aucuparia*.

Согласно литературным данным, все растения-доноры синтезируют соединения, которые потенциально могут иметь аллелопатическую активность (Ping et al., 2001, Li et al., 2003; Bi et al., 2016; Barrales-Cureño et al., 2020; Беленовская, Лесиовская, 2010).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водные вытяжки из листьев чужеродного в Евразии инвазивного дерева *A. negundo* слабо ингибировали прорастание семян местных трав. Но ингибирующее влияние *A. negundo* проявлялось не сильнее, чем аналогичное влияние местных растений *S. caprea* и *P. padus*. Наи-

более заметным было ингибирующее влияние местного кустарника *S. aucuparia*, которое надежно установлено как летом, так и осенью, т.е. устойчиво проявлялось в течение вегетационного сезона. Вывод об отсутствии явного аллелопатического эффекта вытек из листьев *A. negundo* хорошо согласуется с более ранним наблюдением о том, что всхожесть местных растений не подавляется в почвах, трансформированных *A. negundo* (Веселкин и др., 2019). Следовательно, пока не получено убедительных подтверждений, что аллелопатия может быть механизмом, объясняющим экологический успех *A. negundo* во вторичном ареале, хотя ранее эта гипотеза получила ряд экспериментальных подтверждений (Csiszár, 2009; Ерёменко, 2012; Csiszár et al., 2013; Александров, Калашников, 2019).

БЛАГОДАРНОСТИ

Данная работа является частью проекта РФФИ № 20-34-90084.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров Д.С., Калашников Д.В. Влияние экстрактов листового опада берёзы и кленов на прорастание семян и начальные этапы роста газонных культур // Вестник ландшафтной архитектуры. 2019. № 17. С. 3–6.
- Беленовская Л.М., Лесиовская Е.Е. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 3. Семейства Fabaceae–Ariaceae. Спб., М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 601 с.
- Веселкин Д.В., Коржиневская А.А., Подгаевская Е.Н. Состав и численность адвентивных и инвазивных кустарников и деревьев подлеска в лесопарках г Екатеринбурга // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 42. С. 102–118.
- 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. Москва: Издательство ГЕОС, 2010. 503 с.
- Ерёменко Ю.А. Аллелопатические свойства адвентивных видов древесно-кустарниковых растений // Промышленная ботаника. 2012. Т. 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.
- Anacker B.L., Klironomos J.N., Maherali H. et al. Phylogenetic conservatism in plant-soil feedback and its implications for plant abundance // Ecology Letters. 2014. Vol. 17. № 12. P. 1613–1621.
- Barrales-Cureño H.J., Salgado-Garciglia R., López-Valdez L.G. et al. Metabolomic data of phenolic compounds from *Acer negundo* extracts // Data in brief. 2020. Vol. 30. № 105569. P 1–13.
- Bi W., Gao Y., Shen J. et al. Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple): a review // Journal of ethnopharmacology. 2016. Vol. 189. P. 31–60.
- Brouwer N.L., Hale A.N., Kalisz S. Mutualism-disrupting allelopathic invader drives carbon stress and vital rate decline in a forest perennial herb // AoB Plants. 2015. Vol. 7. P. 1–14.
- 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.
- Chen F., Peng S., Chen B. et al. Allelopathic potential and volatile compounds of *Rosmarinus officinalis* L. against weeds // Allelopathy Journal. 2013. Vol. 32. № 1. P. 57–66.
- 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.
- Dakshini K. On laboratory bioassays in allelopathy // The Botanical Review. 1995. Vol. 61. № 1. P. 28–44.
- Dorning M., Cipollini D. Leaf and root extracts of the invasive shrub, *Lonicera maackii*, inhibit seed germination of three herbs with no autotoxic effects // Plant Ecology. 2006. Vol. 184. № 2. P. 287–296.
- Fang K., Chen L., Zhou J. et al. Plant–soil–foliage feedbacks on seed germination and seedling growth of the invasive plant *Ageratina adenophora* // Proceedings of the Royal Society B. 2019. Vol. 286. P. 1–10.
- John J., Patil R., Joy M., Nair A. Methodology of allelopathy research: 1. Agroforestry systems // Allelopathy Journal. 2006. Vol. 18. № 2. P. 173–214.
- Klironomos J.N. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities // Nature. 2002. Vol. 417. № 6884. P. 67–70.
- Li J., Jin Y., Luo Y. et al. Leaf Volatiles from Host Tree *Acer negundo*: Diurnal Rhythm and Behavior Responses of *Anoplophora glabripennis*

-
- to Volatiles in Field // Journal of Integrative Plant Biology. 2003. Vol. 45. № 2. P. 177–182.
- Lu Y., Wang Y., Wu B. et al. Allelopathy of three Compositae invasive alien species on indigenous *Lactuca sativa* L. enhanced under Cu and Pb pollution // Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 267. P. 1–9.
- Nasir H., Iqbal Z., Hiradate S., Fujii Y. Allelopathic potential of *Robinia pseudo-acacia* L. // Journal of Chemical Ecology. 2005. Vol. 31. № 9. P. 2179–2192.
- Ping L., Shen Y.-B., Jin Y.-J. Volatiles released in succession from artificially damaged ashleaf maple leaves // Functional plant biology. 2001. Vol. 28. № 6. P. 513–517.
- Sharma N., Samra J., Singh H. Effect of aqueous extracts of *Populus deltoides* M. on germination and seedling growth. 1. Wheat // Allelopathy Journal. 2000. Vol. 7. № 1. P. 56–68.
- Tseng M.-H., Kuo Y.-H., Chen Y.-M., Chou C.-H. Allelopathic Potential of *Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg // Journal of chemical ecology. 2003. Vol. 29. № 5. P. 1269–1286.
- Weston L.A. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field responses? // Journal of Chemical Ecology. 2000. Vol. 26. № 9. P. 2111–2118.
- Zhang C., Fu S. Allelopathic effects of leaf litter and live roots exudates of *Eucalyptus* species on crops // Allelopathy Journal. 2010. Vol. 26. № 1. P. 91–99.