

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ У ТРАВ В СООБЩЕСТВАХ С ДОМИНИРОВАНИЕМ ИНВАЗИОННОГО *ACER NEGUNDO* (SAPINDACEAE, SAPINDALES)

© 2024 Рафикова О.С. *, Дубровин Д.И. **, Веселкин Д.В. ***

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202
e-mail: *rafikova_os@mail.ru; **dubrovin_di@ipae.uran.ru; ***veselkin_dv@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 6.06.2024. После доработки 13.10.2024. Принята к публикации 24.10.2024

Проверяли, обнаруживается ли одно из последствий инвазии чужеродных растений, предсказываемое гипотезой «деградировавшего мутуализма» или «нарушения мутуализма», в отношении инвазионного дерева клена ясенелистного (*Acer negundo* L., Sapindaceae, Sapindales). Целью работы было оценить встречаемость арбускулярной микоризы в корнях *Taraxacum* sect. *Taraxacum* F.H. Wigg. (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) и *Poa angustifolia* L. в сообществах с доминированием *A. negundo* (An+) и в контрольных к ним сообществах (An-) с доминированием других видов древесных растений. Исследование проведено в городских местообитаниях Екатеринбурга. Образцы корней *T. sect. Taraxacum* и *P. angustifolia* собирали в 7 местообитаниях An+ и в 7 местообитаниях An-. Встречаемость арбускулярной микоризы и корневых волосков регистрировали микроскопически. У *T. sect. Taraxacum* установлена повышенная встречаемость микоризы в сообществах с доминированием *A. negundo*. У *P. angustifolia* различий в формировании микоризы в зависимости от степени доминирования *A. negundo* не установлено. Таким образом, в ходе спланированных наблюдений в реальных сообществах в отношении *A. negundo* не получено подтверждения гипотезы «деградировавшего мутуализма» или «нарушения мутуализма».

Ключевые слова: инвазии растений, механизмы инвазий, гипотеза деградировавшего мутуализма, микориза.

DOI: 10.35885/1996-1499-17-4-110-124

Введение

Инвазии чужеродных растений могут сопровождаться изменениями функций экосистем [Weidenhamer, Callaway, 2010] и сокращением разнообразия местных растений [Vila et al., 2011; Hejda et al., 2021]. Потенциально инвазии растений могут сопровождаться как уменьшением, так и увеличением обилия и разнообразия микоризных грибов [Lekberg et al., 2013; Grove et al., 2017; Pickett et al., 2018]. Но чаще как следствие расселения инвазионных растений обсуждается нарушение связей между местными растениями и микоризными грибами [Grove et al., 2017]. Представления о негативном влиянии инвазионных растений на микоризный симбиоз местных видов лежат в основе гипотезы «деградировавшего мутуализма» [Reinhart, Callaway, 2006] или «нарушения мутуализма» [Grove et al., 2017]. Согласно этим представлениям, инвазионные расте-

ния могут нарушать формирование микоризы у местных растений, если они сами немикоризны, связаны с другим типом микоризы или с другими таксонами грибов того же типа микоризы, что и местные растения.

В мета-анализе 112 публикаций о гипотезе «деградировавшего мутуализма» [Grove et al., 2017] приведены три вероятных механизма нарушения инвазионными растениями микоризных связей местных растений. Во-первых, это конкуренция между местными и чужеродными растениями, которая может приводить к сокращению популяций местных растений-хозяев микоризных грибов. Формирование микоризы не всегда сопровождается ростом приспособленности растений и может снижать их конкурентоспособность из-за высоких затрат углерода на поддержание симбиоза [Walling, Zabinski, 2006]. Во-вторых, инвазионные растения могут обогащать почву питательными веществами, что может спо-

способствовать снижению численности и изменению состава микоризных грибов и влиять на степень зависимости местных растений от микоризы [Grove et al., 2017]. В-третьих, снижение численности и изменение состава микоризных грибов может быть обусловлено влиянием аллелопатических соединений, производимых чужеродными растениями [Grove et al., 2017].

Подтверждения гипотезы «деградировавшего мутуализма» в отношении инвазионных растений с арбускулярной микоризой (АМ) наблюдались примерно в половине исследований [Grove et al., 2017]. В других случаях инвазия АМ-растений не влияла на микоризу местных растений или тест-растений, а иногда последствия инвазий для сообществ местных арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) были положительными, например, увеличение численности АМГ на аборигенных тест-растениях [Grove et al., 2017]. В моновидовых зарослях инвазионных растений может быть больше видов АМГ, чем в многовидовых сообществах местных растений. Например, это показано для инвазионных *Centaurea stoebe* L. и *Euphorbia esula* L. [Lekberg et al., 2013]. Также показано положительное влияние инвазионных *Vincetoxicum rossicum* (Kleopow) Barbar., *Pueraria montana* var. *lobata* (Willd.) Maesen & S.M.Almeida ex Sanjappa & Predeer и *Ligustrum sinense* Lour. на разнообразие и обилие АМГ и на формирование микоризы у тест-растений [Greipsson, DiTommaso, 2006]. Сходные положительные эффекты на плотность спор АМГ обнаружены в ризосфере инвазионных *Anthemis cotula* L. и *Erigeron canadensis* L. [Shah et al., 2010]. Обсуждается возможность согласованных инвазий растений и АМГ: инвазионный *Solidago canadensis* L. способствовал распространению *Glomus geosporum* (Nicol. & Gerd.) S. Walker, который относительно благоприятен для роста *S. canadensis* и менее благоприятен для аборигенного *Kummerowia striata* (Thunb.) Schindl. [Zhang et al., 2010].

Таким образом, несмотря на обширность результатов, поддерживающих гипотезу «деградировавшего мутуализма» [Grove et al., 2017], есть исследования с противоположными выводами. В мета-анализе 67 публикаций

[Bunn et al., 2015] ни гипотеза деградировавшего, ни расширенного мутуализма (предполагающая более успешное взаимодействие чужеродных видов с муталистами во вторичном ареале) не были подтверждены. Широкий диапазон возможных реакций указывает на необходимость специального изучения эффектов каждого конкретного инвазионного вида.

Мы исследовали формирование микоризы в корнях местных трав при предполагаемом влиянии инвазионного дерева *Acer negundo* L. Цель работы: оценить встречаемость АМ и корневых волосков в корнях *Taraxacum* sect. *Taraxacum* F.H.Wigg. и *Poa angustifolia* L. в сообществах с доминированием *A. negundo* и в контрольных к ним сообществах с доминированием других видов древесных растений. Предполагали, что в сообществах с доминированием *A. negundo* встречаемость АМ будет ниже, чем в контрольных сообществах с другими деревьями. Эта гипотеза сформулирована, во-первых, на основе общего преобладающего представления о нарушении связей между растениями и микоризными грибами под влиянием инвазий [Grove et al., 2017] и, во-вторых, на основе наших предшествующих результатов [Веселкин и др., 2019].

Методика

Район. Участки сбора образцов располагались на территории городской агломерации Екатеринбурга (Свердловская область). Екатеринбург (56°50' с. ш.; 60°35' в. д.) – крупный промышленный город на Среднем Урале площадью 49.8 тыс. га с населением около 1.4 млн жителей, расположен в южно-таежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции [Колесников, 1973]. Территорию Екатеринбурга считают сильно загрязненной; наибольший вклад в загрязнение атмосферы (до 85%) вносит городской автотранспорт [Стурман, 2008]. Климат континентальный и характеризуется холодной и продолжительной зимой, коротким умеренно теплым летом и также короткими весной и осенью. Продолжительность вегетационного периода – 160–170 дней. Характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки, укорачивающие безморозный период. Город находится в зоне

достаточного увлажнения. Среднегодовая сумма осадков – 550–650 мм. Максимум осадков приходится на теплый сезон с 60–70% их годовой суммы [Куликов и др., 2013].

В окрестностях Екатеринбурга преобладают условно коренные сосновые леса естественного происхождения на дерново-подзолистых почвах и буроземах. В урбанизированных местообитаниях городской агломерации Екатеринбурга обычны посадки аборигенных (*Acer platanoides* L., *Betula* spp., *Fraxinus excelsior* L., *Pinus sylvestris* L., *Tilia cordata* Mill. и др.) и адвентивных (*Acer negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Malus baccata* (L.) Borkh., *Populus* × *berolinensis* K.Koch, *Populus* × *sibirica* G.V.Krylov & G.V.Grig. ex A.K.Skvortsov, *Salix* × *fragilis* L., *Ulmus* spp. и др.) древесных растений, и самопроизвольно формирующиеся сообщества с аборигенными (*Populus tremula* L., *Prunus padus* L., и др.) и адвентивными (*A. negundo* L., *Amelanchier spicata* (Lam.) K.Koch и др.) древесными видами. Кроме того, в городе обычны сильно трансформированные производные сообщества в окружении городской застройки и автомагистралей. Во всех урбанизированных сообществах отмечается высокое участие адвентивных видов – до 25–33% [Веселкин и др., 2023].

Acer negundo L. – клен ясенелистный или американский, листопадное дерево семейства Sapindaceae (Sapindales). Клен ясенелистный – один из наиболее агрессивных инвазионных видов. Он включен в группу с наивысшим статусом инвазионности в 24 регионах России [Третьякова, Куликов, 2014; Третьякова, 2016; Виноградова и др., 2022]. *A. negundo* выбран как объект исследования, поскольку широко распространён во вторичном ареале в Евразии и относится к видам-эдификаторам, способным оказывать средообразующее влияние на местообитания и трансформировать местные сообщества. В сообществах с доминированием *A. negundo* наблюдается высокое затенение [Веселкин и др., 2021], изменяется режим влажности почв [Дубровин и др., 2022], снижается таксономическое богатство растительных сообществ [Веселкин, Дубровин, 2019; Dubrovín et al., 2023].

Модельные растения. *Taraxacum* sect. *Taraxacum* F.H.Wigg. – комплекс видов многолетних травянистых растений семейства Asteraceae. Ранее считавшийся самостоятельным видом *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. (≡ *Leontodon taraxacum* L.), сейчас рассматривается как группа близкородственных полиплоидных апомиктических и диплоидных амфимиктических микровидов [Kirshner, Štěpánek, 2011]. Хотя в работах, не посвященных таксономии секции, предлагается для обозначения этой группы использовать традиционное название – *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. [Kirshner, Štěpánek, 2011], – мы приняли решение использовать валидное название, указанное в [Plants of the World Online]. *T.* sect. *Taraxacum* произрастает на лугах, лесных полянах и опушках, обочинах дорог, в населенных пунктах, гемикриптофит, поликарпик со стержневым корнем [Куликов, 2010]. Другой модельный вид – *Poa angustifolia* L. – многолетнее травянистое растение семейства Poaceae. Произрастает на сухих лугах, луговых степях, опушках, лесных полянах, разреженных лесах, обочинах дорог, гемикриптофит, рыхлокустовой поликарпик [Куликов, 2010]. Оба таксона образуют арбускулярную микоризу [Soudzilovskaia et al., 2020].

Местообитания. Исследование было организовано по схеме парного блочного дизайна. В г. Екатеринбург (в Верх-Исетском, Октябрьском и Орджоникидзевском районах) и в г. Арамиле подобрали 7 участков с двумя вариантами местообитаний (пробных площадей) на каждом: с доминированием *Acer negundo* (обозначение «An+») и с доминированием других видов древесных растений (обозначение «An–»). Размеры участков варьировали от 0.15 га до 2.5 га. По три участка располагались в посадках деревьев внутри дворов жилых домов и дворов учреждений образования; один участок – в лесопарке в условно коренном сосновом лесу. Размеры пробных площадей были от 125 до 400 м²; на каждом участке, т. е. в каждой паре пробных площадей их размеры были одинаковы (файл «Приложение А»). В варианте An– со средней сомкнутостью крон 74±5% среднее богатство сосудистых растений было 44±6

видов на площадь со средним общим покрытием травяно-кустарничкового яруса $50 \pm 6\%$. В варианте An+ средняя сомкнутость крон была $81 \pm 3\%$, среднее богатство сосудистых растений – 34 ± 4 вида на площадь, среднее общее покрытие травяно-кустарничкового яруса – $45 \pm 11\%$. В травяно-кустарничковом ярусе сообществ An– и An+ были обычны рудеральные виды – *Atriplex patula* L., *Chelidonium majus* L., *Dactylis glomerata* L., *Plantago major* L., *Poa annua* L., *Sisymbrium officinale* (L.) Scop., *Tataxatum* sect. *Taraxacum* F.H.Wigg. и др. В варианте An– в древесном ярусе доминировали разные виды: *Crataegus sanguinea* Pall.; *Malus baccata* (L.) Borkh. (2 пробные площади); *Pinus sylvestris* L.; *Populus* × *sibirica* G.V.Krylov & G.V.Grig. ex A.K.Skvortsov; *Pyrus ussuriensis* Maxim.; *Tilia cordata* Mill.

Площади в пределах участка подбирали так, чтобы они находились максимально близко друг к другу, в схожих условиях, т. е. были выровнены по особенностям местообитаний, степени нарушений, условиям увлажнения и по степени сомкнутости крон деревьев. Пробные площади подбирали так, чтобы на каждой площади в достаточном числе присутствовали особи *T. sect. Taraxacum* и *P. angustifolia*. Дополнительно к городским местообитаниям An– и An+ сбор образцов провели в типичных загородных местообитаниях *T. sect. Taraxacum* и *P. angustifolia*. Для каждого модельного таксона было по две таких пробных площади, которые рассматривали как внешний контроль к городским участкам (обозначение – «контроль»).

На городских участках с помощью люксметра ТКА–ПКМ–42, который измеряет освещенность в видимой области спектра 380–760 нм, в 20 случайных точках измеряли освещенность на высоте 1.5 м над уровнем почвы. После этого максимально быстро, в течение нескольких минут, измеряли освещенность на открытом месте – в 15–20 м от ближайших зданий, сооружений и кромки леса.

Почвы с пробных площадей, исследованных в настоящей работе, химическому анализу не подвергали. Характеристики химических свойств почв приводятся на ос-

новании анализа образцов, собранных на площадях, использованных в наших предыдущих исследованиях [Веселкин, Дубровин, 2019; Веселкин и др., 2019]. В смешанных образцах гумусово-аккумулятивного горизонта (по одному образцу из местообитания) в соответствии с ГОСТами определены: $pH_{\text{водный}}$ (потенциметрически; соотношение почвы и воды 1:5); содержание поглощенных оснований ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$; метод Каппена с вытеснением Ca^{2+} и Mg^{2+} из почвенного поглощающего комплекса ионом H^+ с последующим титрованием NaOH); подвижные соединения К и Р (метод Кирсанова с извлечением P_2O_5 и K_2O из почвы HCl и определением P_2O_5 на фотоэлектроколориметре, а K_2O – на пламенном фотометре); легкогидролизующий N (метод Корнфельда с гидролизом органических соединений почвы NaOH и регистрацией выделяющегося NH_3). Измерения выполнены в аналитической лаборатории ФГБУН «Уральский НИИСХ». Всего оценки химических свойств получены для 13 площадей An– и 13 площадей An+. Приведены медианы распределений и межквартильные размахи. $pH_{\text{водный}}$: 6.74, размах 6.14–7.07 (An–); 7.06, размах 6.75–7.37 (An+). Сумма поглощенных оснований (ммоль/100 г): 39, размах 34–47 (An–); 41, размах 35–47 (An+). Азот щелочногидролизующий (мг/кг): 163, размах 132–251 (An–); 161, размах 142–201 (An+). P_2O_5 (мг/кг): 285, размах 244–328 (An–); 315, размах 296–1335 (An+). K_2O (мг/кг): 167, размах 130–242 (An–); 250, размах 209–425 (An+). По критерию Краскела-Уоллиса между вариантами An+ и An– значимо, но на невысоком уровне значимости, различалось только содержание K_2O ($H_{(dF=1; n=26)} = 4.98$; $P=0.0257$). Другие химические свойства почв в зависимости от варианта местообитаний не различались.

Сбор образцов корней. Для анализа микоризообразования на каждой пробной площади с 29.07.23 по 09.08.23 отбирали корни 5 здоровых особей *Taraxacum* sect. *Taraxacum* и *Poa angustifolia*, не имеющих видимых повреждений надземных органов. Затем в лабораторных условиях корни промывали проточной водой и помещали в 70% этиловый спирт. Всего собрано 160 образцов корней.

Встречаемость арбускулярной микоризы и корневых волосков. Для определения встречаемости АМ по методу И. А. Селиванова [Селиванов, 1981] использовали по пять особей каждого модельного таксона с каждой пробной площади. У каждой особи анализировали 15 фрагментов тонких корней последнего или предпоследнего порядков длиной 1 см, не более 1 мм толщиной. В них после мацерации в гидроксиде калия на водяной бане и окрашивания анилиновым синим микроскопически определяли признаки развития АМ. С помощью микроскопа Leica DM 5000B (Германия, $\times 200$) в пяти полях зрения в каждом односантиметровом фрагменте, т. е. всего в 75 полях зрения у каждой особи, фиксировали встречаемость: арбускул, везикул и всех структур АМ, включая арбускулы, везикулы и гифы. Одновременно по той же методике регистрировали встречаемость корневых волосков. Встречаемость регистрируемых структур приведена в долях от единицы, где 1 – структура зарегистрирована в 100% полей зрения.

Статистический анализ. Перед анализом значения встречаемости структур АМ и корневых волосков подвергали арксинус-трансформации. Учетная единица – среднее значение признака у одного таксона на пробной площади ($n=14$ для каждого таксона трав при анализе только городских местообитаний; $n=16$ для каждого таксона трав при анализе полных массивов оценок), полученное в результате усреднения значений признака у пяти особей. С помощью критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка выявлено, что распределение большинства параметров не отличалось от нормального. Основной анализ выполнен с помощью t -критерия Стьюдента для связанных выборок. В качестве связанных рассматривали пары местообитаний (пробных площадей) An^+ и An^- на каждом участке. Дополнительно для сравнения значений признаков в городских и контрольных загородных местообитаниях использовали однофакторный дисперсионный анализ с расчетом критерия Тьюки для попарных сравнений. Через символ \pm указана стандартная ошибка. Расчеты выполнены в программе STATISTICA 10.0 (StatSoft, USA).

Результаты

В большинстве исследованных образцов корней *T. sect. Taraxacum* и *P. angustifolia* арбускулярная микориза находилась на стадии развития симбиоза, которую обозначают как стадию стабилизации микобионта. Признаки этой стадии – одновременное наличие в корнях внутрикорневого мицелия АМГ, арбускул и везикул [Юрков и др., 2015]. В некоторых образцах не было обнаружено везикул.

Taraxacum sect. Taraxacum. В 14 городских местообитаниях встречаемость всех структур АМ (гиф, арбускул и везикул) варьировала от 0.29 до 0.83. В шести из семи связанных пар местообитаний встречаемость АМ была выше при доминировании *A. negundo* (рис. 1): средняя встречаемость в вариантах местообитаний была 0.50 ± 0.05 (An^-) и 0.72 ± 0.05 (An^+). По t -критерию для связанных выборок эти различия были значимыми (табл. 1).

Изменчивость встречаемости арбускул близко повторяла изменчивость встречаемости всех структур АМ; диапазон значений встречаемости арбускул в 14 городских местообитаниях был от 0.23 до 0.78. В шести из семи связанных пар местообитаний встречаемость арбускул была выше при доминировании *A. negundo*. Поэтому средняя встречаемость арбускул была значимо выше в зарослях *A. negundo*: 0.40 ± 0.04 (An^-) и 0.65 ± 0.05 (An^+). Везикулы в корнях *T. sect. Taraxacum* встречались примерно в 10 раз реже, чем арбускулы. Обычный диапазон встречаемости везикул – до 0.05; встречаемость выше 0.10 была зарегистрирована в единственном местообитании. В обоих вариантах городских местообитаний средняя встречаемость везикул была одинакова – 0.03 ± 0.01 (An^-) и 0.04 ± 0.02 (An^+).

Встречаемость корневых волосков в 14 городских местообитаниях была от 0.45 до 0.81. От степени доминирования *A. negundo* средняя встречаемость корневых волосков не зависела и была 0.65 ± 0.05 в варианте An^- и 0.68 ± 0.04 в варианте An^+ .

Диапазоны варьирования признаков развития АМ и встречаемости корневых волосков в городских местообитаниях, т. е. на площадях An^- и An^+ , значимо не отличались

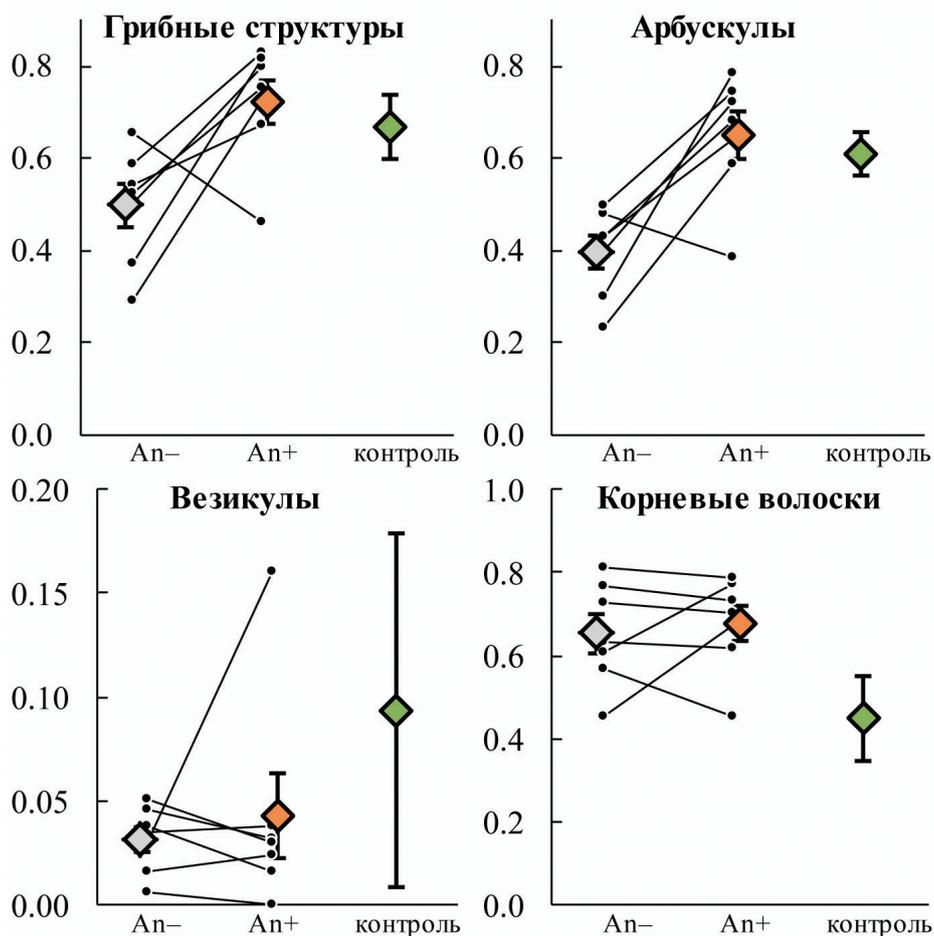


Рис. 1. Встречаемость структур арбускулярной микоризы и корневых волосков у *Taraxacum* sect. *Taraxacum* в разных местообитаниях: An–, серая заливка – городские местообитания с доминированием древесных растений, но не с *Acer negundo*; An+, оранжевая заливка – городские местообитания с доминированием *Acer negundo*; контроль, зелёная заливка – типичные открытые загородные местообитания. Ромбы – средние значения; вертикальные размахи – SE. Тонкими линиями соединены значения, полученные в каждой из 7 связанных пар городских местообитаний.

от значений этих признаков в типичных загородных местообитаниях *T. sect. Taraxacum*. По критерию Тьюки не было различий при сравнении средних значений признаков между группами местообитаний «An–» и «контроль» и между «An+» и «контроль».

***Poa angustifolia*.** Встречаемость всех структур АМ у *P. angustifolia* была в 3–4 раза ниже, чем у *T. sect. Taraxacum* (рис. 1 и рис. 2). В 14 городских местообитаниях встре-

чаемость всех структур АМ варьировала у *P. angustifolia* от 0.07 до 0.31. В связанных парах местообитаний встречаемость АМ между вариантами An– и An+ направленно не изменялась, в среднем была 0.17 ± 0.03 (An–) и 0.18 ± 0.03 (An+) и, соответственно, статистически не различалась (рис. 2). Встречаемость арбускул в 14 городских местообитаниях варьировала от 0.02 до 0.14, в среднем была 0.06 ± 0.02 (An–) и 0.08 ± 0.02 (An+) и значимо

Таблица 1. Значимость различий (*P*) встречаемости структур арбускулярной микоризы и корневых волосков между местообитаниями с доминированием *Acer negundo* и с доминированием других видов деревьев по *t*-критерию Стьюдента для связанных выборок

Встречаемость	<i>T. sect. Taraxacum</i>		<i>Poa angustifolia</i>	
	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Все грибные структуры	2.82	0.0304	0.34	0.7442
Арбускулы	3.76	0.0094	1.02	0.3478
Везикулы	0.16	0.8792	1.07	0.3107
Корневые волоски	0.53	0.6170	1.74	0.1318

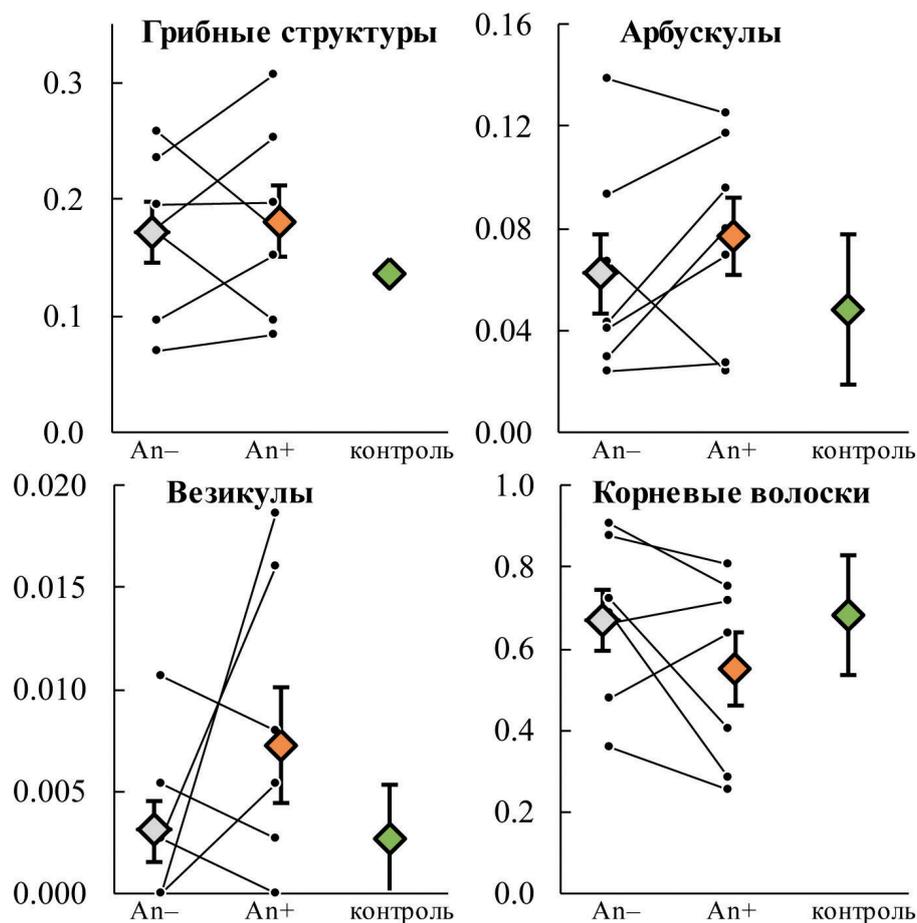


Рис. 2. Встречаемость структур арбускулярной микоризы и корневых волосков у *Poa angustifolia* в разных местообитаниях: An–, серая заливка – городские местообитания с доминированием древесных растений, но не с *Acer negundo*; An+, оранжевая заливка – городские местообитания с доминированием *Acer negundo*; контроль, зелёная заливка – типичные открытые загородные местообитания *Poa angustifolia*. Ромбы – средние значения; вертикальные размахи – SE. Тонкими линиями соединены значения, полученные в каждой из 7 связанных пар городских местообитаний.

между местообитаниями An– и An+ не различалась. Так же, как и у *T. sect. Taraxacum*, везикулы у *P. angustifolia* формировались редко: их встречаемость была от 0 (в трех местообитаниях) до 0.02. Средняя встречаемость везикул в вариантах местообитаний An– и An+ была менее 0.01 и не различалась.

Встречаемость корневых волосков в 14 городских местообитаниях варьировала от 0.25 до 0.91, в среднем составляла 0.67 ± 0.07 (An–) и 0.55 ± 0.09 (An+) и между вариантами An– и An+ не различалась.

Как и у *T. sect. Taraxacum*, у *P. angustifolia* диапазоны варьирования признаков развития АМ и встречаемости корневых волосков в городских местообитаниях значимо не отличались от значений этих признаков в типичных загородных местообитаниях. По критерию Тьюки не было различий при сравнении

средних значений признаков между группами местообитаний «An–» и «контроль» и между «An+» и «контроль».

Обсуждение

Значение изучения микоризы состоит в том, что она рассматривается как важное функциональное свойство растений, расширяющее их адаптивные возможности в отношении поглощения почвенных ресурсов [Brundrett, 1991]. При этом состояние микоризы косвенно характеризует состояние (численность, активность) сообществ микоризных грибов. Включение в список регистрируемых параметров корневых волосков объясняется тем, что иногда развитие корневых волосков и микоризы демонстрирует согласованность [Веселкин и др., 2022; Betekhtina et al., 2023].

В пассивном эксперименте гипотеза об угнетении АМ у растений, произрастающих в сообществах с доминированием *A. negundo*, не подтвердилась. У *T. sect. Taraxacum* в местообитаниях с доминированием *A. negundo* встречаемость АМ, в первую очередь, арбускул, увеличивалась. У *P. angustifolia* встречаемость АМ не зависела от степени доминирования *A. negundo*. Корневые волоски у обоих модельных таксонов в зависимости от доминирования *A. negundo* формировались с равной частотой. Таким образом, по изученным параметрам состояние поглощающего аппарата модельных трав в зарослях инвазивного дерева не показало негативных изменений.

Ранее мы оценили развитие микоризы у *Festuca rubra* L. и *Trifolium repens* L. в вегетационном эксперименте при выращивании на почве из сообществ с доминированием *A. negundo* и на почве из контрольных сообществ с доминированием других деревьев [Веселкин и др., 2019]. При использовании такой схемы наблюдали снижение встречаемости АМ у тест-растений, выращенных в почве из-под *A. negundo*. Помимо этого, в вегетационном эксперименте обнаружены большие различия в успешности формирования микоризы между городскими и загородными участками, чего не установлено в настоящей работе. Желательно попытаться понять возможные причины расхождения результатов нашего прошлого [Веселкин и др., 2019] и настоящего исследований.

Одна из таких причин – средообразующее влияние живых деревьев, проявляющееся в сообществах и отсутствующее в условиях вегетационного эксперимента. *A. negundo* создает под своими кронами затенение более сильное, чем аборигенные древесные виды [Веселкин и др., 2021], что обсуждается как механизм его влияния на другие растения [Veselkin et al., 2021]. Однако в настоящей работе мы выбирали пробные площади так, чтобы варианты An– и An+ были выравнены по сомкнутости крон и, соответственно, по степени затенения. Средняя освещенность на наших площадях под кронами *A. negundo* была $5.5 \pm 1.4\%$ от полного дневного освещения, под кронами других деревьев

– $6.8 \pm 1.7\%$, и различия были незначимыми ($t=1.21$; $P=0.2689$). При этом загородные местообитания, которые рассматривали как контрольные к городским местообитаниям An– и An+, – это открытые участки без древесного яруса. В них, соответственно, эффект затенения деревьями отсутствовал, но параметры развития АМ у модельных трав между загородными и городскими местообитаниями не различались. Следовательно, хотя затенение может влиять на эффективность АМ для растений [Walling, Zabinski, 2006; Konvalinková, Jansa, 2016], маловероятно, что в нашем случае предположение о высоком затенении может служить для объяснения установленных эффектов.

T. sect. Taraxacum и *P. angustifolia* выбраны модельными таксонами на основе предварительных наблюдений, в соответствии с которыми они часто встречались в сообществах с доминированием *A. negundo*. Эти таксоны – род *Taraxacum* в целом и *P. angustifolia* – часто формируют арбускулярную микоризу. По данным FungalRoot Database [Soudzilovskaia et al., 2020], в 53 обследованиях видов рода *Taraxacum* АМ найдена в 50 случаях (отсутствие АМ было зарегистрировано у *T. campylodes* G.E.Haglund и *T. stevenii* (Spreng.) DC., чьи ареалы далеки от Среднего Урала); из 14 обследований *P. angustifolia* АМ найдена во всех 14. Таким образом, наличие возможности для формирования микоризы может быть одним из условий существования особей *T. sect. Taraxacum* и *P. angustifolia*, и этим может объясняться отсутствие признаков угнетения у них АМ в зарослях *A. negundo*. В то же время приспособленность микоризных растений не обязательно положительно связана с развитием АМ. Например, во вторичном ареале распространения *T. sect. Taraxacum* в альпийских сообществах отрицательно коррелирует с численностью АМГ [Atkinson, 2010], и особи *T. sect. Taraxacum* становятся крупнее, если они заселены меньшим количеством микоризы [Becklin et al., 2009].

Хотя основные результаты вегетационного эксперимента [Веселкин и др., 2019] и результаты, изложенные в настоящем сообщении, были разными, в них был общий момент: в

обоих случаях установлено лучшее формирование АМ у двудольных (*T. repens* или *T. sect. Taraxacum*), чем у злаков (*F. rubra* или *P. angustifolia*). Это соотносится с выводами, полученными в мета-анализе 46 исследований [Bunn et al., 2015], который показал, что разнотравье (forbs) было более колонизировано АМГ и положительно реагировало на них, тогда как реакции злаков (grasses) на формирование АМ были нейтральными или отрицательными [Yang et al., 2015; Bunn et al., 2015].

Возможные причины расхождения результатов вегетационного эксперимента [Веселкин и др., 2019] и результатов, описанных в настоящем сообщении, могут быть связаны с особенностями изученных таксонов – *F. rubra* (факультативно микоризный вид по FungalRoot Database) и *T. repens* в вегетационном эксперименте и *T. sect. Taraxacum* и *P. angustifolia* в пассивном эксперименте с полевыми сборами. Еще одно вероятное объяснение расхождения результатов двух экспериментов может быть связано с разным возрастом изученных растений: в вегетационном эксперименте это были имматурные 50-суточные особи; в настоящей работе – генеративные особи с абсолютным возрастом более одного года.

Несовпадение наших предыдущих [Веселкин и др., 2019] и представленных в настоящем сообщении результатов свидетельствует о невысокой поддержке предположения об угнетении АМ у растений, произрастающих в сообществах с доминированием *A. negundo*. По-видимому, если такое угнетение в определенных условиях и возможно, это не общая и не постоянная реакция. Напомним, что нарушение микоризы у местных растений под воздействием инвазионных растений наиболее вероятно, если инвазионные растения немикоризны, связаны с другим типом микоризы или с другими таксонами того же типа микоризы, что и местные растения [Grove et al., 2017]. Первые два критерия в отношении *A. negundo* не выполняются: у него формируется типичная арбускулярная микориза и в нативном [Zadworny, Eissenstat, 2011], и во вторичном [Kovacs, Szigetvari, 2002; Веселкин, Прокина, 2016; Веселкин и др., 2017] ареалах.

Отсутствие согласованности результатов контролируемых и натуральных (пассивных) экспериментов не редкий случай: закономерности, воспроизводящиеся в экспериментах одного дизайна, не обязательно воспроизводятся в исследованиях иного типа [Nuissner, Gandon, 2008]. Например, такая закономерность была в серии выполненных разными методами исследований аллелопатической активности *A. negundo*: в контролируемых лабораторных экспериментах получены слабые подтверждения вероятности его аллелопатии [Rafikova, Veselkin, 2022]; в вегетационных экспериментах не было ни положительных, ни отрицательных эффектов [Веселкин и др., 2019]; в полевых экспериментах установлено более успешное прохождение начальных этапов онтогенеза трав в сообществах с доминированием *A. negundo* [Рафикова, 2022].

Заключение

Таким образом, в ходе спланированных наблюдений в реальных сообществах в отношении *A. negundo* не получено подтверждения гипотезы «деградировавшего мутуализма» или «нарушения мутуализма», хотя ранее такое подтверждение было получено в вегетационном эксперименте. Такое несовпадение отражает существующую значительную дисперсию оценок реакций микоризы аборигенных растений на воздействия со стороны инвазионных растений. Неоднозначность результатов указывает на необходимость продолжения исследований с акцентом на изучение конкретных факторов, определяющих реакцию почвенных организмов и сообществ и формирование системы биотических взаимодействий под влиянием распространения инвазионных растений.

Приложение

В «Приложении А» приведены некоторые характеристики положения пробных площадей и сообществ.

Вклад авторов

Концептуализация, Веселкин Д.В.; методология, Веселкин Д.В., Рафикова О.С. и Дубровин Д.И.; валидация, Веселкин Д.В.; отбор проб, Веселкин Д.В., Рафикова О.С.

и Дубровин Д.И.; курирование данных, Веселкин Д.В.; написание – подготовка первоначального черновика, Рафикова О.С.; написание – рецензирование и редактирование, Веселкин Д.В., Рафикова О.С. и Дубровин Д.И.; визуализация, Веселкин Д.В. и Рафикова О.С.; администрирование проекта, Веселкин Д.В.; приобретение финансирования, Веселкин Д.В.

Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Источники финансирования

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00645, <https://rscf.ru/project/23-24-00645/>.

Соблюдение этических стандартов

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- Веселкин, Д.В., Прокина, Н.Э. Микоризообразование у клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в градиенте урбанизации // РЖБИ. 2016. № 1. С. 31-40.
- Веселкин, Д.В., Пьянков, С.В., Сафонов, М.А., Бетехтина, А.А. Строение поглощающих корней инвазивного и аборигенных видов клена // Экология. 2017. № 4. С. 241-249.
- Веселкин, Д.В., Бетехтина, А.А., Гусев, А.П. У микоризных чужеродных растений Белорусского Полесья понижена интенсивность формирования арбускул // Экология. 2022. № 3. С. 161-170. DOI: 10.31857/S036705972203012X.
- Веселкин, Д.В., Дубровин, Д.И. Разнообразие травяного яруса урбанизированных сообществ с доминированием инвазивного *Acer negundo* // Экология. 2019. № 5. С. 323-331. DOI: 10.1134/S0367059719050111
- Веселкин, Д.В., Дубровин, Д.И., Рафикова, О.С., Липихина, Ю.А., Золотарева, Н.В., Подгаевская, Е.Н., Пустовалова, Л.А., Яковлева, А.В. Затенение и перехват света в зарослях инвазивных видов *Acer negundo* и *Sorbaria sorbifolia* // РЖБИ, 2021. № 4. С. 30-42. DOI:10.35885/1996-1499-2021-14-4-30-42
- 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. DOI: 10.1134/S0044459619030084
- Веселкин, Д.В., Дубровин, Д.И., Коржиневская, А.А., Подгаевская, Е.Н., Пустовалова, Л.А., Ивченко, Т.Г., Золотарева, Н.В. Уровни вторжения чужеродных растений в местообитаниях разных типов на Среднем Урале // Экология. 2023. № 4. С. 261–271.
- Виноградова, Ю.К., Майоров, С.Р., Костина, М.В. Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.): морфология, биология и оценка инвазивности. Товарищество научных изданий КМК: Москва, 2022. 218 с.
- Дубровин, Д.И., Рафикова, О.С., Веселкин, Д.В. Влажность почвы в урбанизированных местообитаниях с доминированием чужеродного *Acer negundo*. Экология. 2022. № 5. С. 334-344. DOI: 10.31857/S0367059722050031
- Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Уральский научный центр академии наук СССР: Свердловск, 1973. 176 с.
- Куликов, П.В., Золотарева, Н.В., Подгаевская, Е.Н. Эндемичные растения Урала во флоре Свердловской области. Гощицкий: Екатеринбург, 2013. 610 с.
- Куликов, П.В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. УРО РАН: Екатеринбург, 2010. 980 с.
- Рафикова, О.С. Выживаемость проростков местных растений под пологом инвазивного *Acer negundo* в полевом эксперименте. Экология: факты, гипотезы, модели: Материалы конф. молодых ученых, Екатеринбург, Россия, 18-22 апреля 2022 г.; ред.: Д.О. Гимранов, А.Н. Созонтов, О.Р. Гизуллина, М.С. Тарасова, А.С. Будимиров; Альфа Принт: Екатеринбург, Россия, 2022. 181 с.
- Селиванов, И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. Наука: Москва, 1981. 232 с.
- Стурман, В.И. Природные и техногенные факторы загрязнения атмосферного воздуха российских городов // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2008. № 2. С. 15.
- Третьякова, А.С. Особенности распределения чужеродных растений в естественных местообитаниях на урбанизированных территориях Свердловской области // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2016. №. 1. С. 85.
- Третьякова, А.С., Куликов, П.В. «Черный список» флоры Свердловской области. Зырянские чтения, Курган, Россия, 11-12 декабря 2014 г.; ред.: В.В. Меншиков, Д.Н. Маслюженко, В.А. Кислицын, Н.И. Науменко, В.С. Христоролюбский, Э.А. Самсонова, И.Г. Финикова; Курганский государственный университет: Курган, Россия, 2014. С. 222.
- Юрков, А.П., Якоби, Л.М., Гапеева, Н.Е., Степанова, Г.В., Шишова, М.Ф. Развитие арбускулярной микоризы у сильно микотрофного растения-хозяина люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) // Онтогенез. 2015. Т. 46. №. 5. С. 313-313.
- Atkinson, K.M.V. Friends in high places: ecology of mycorrhizal associations in alpine plant communities. PhD Thesis, University of Missouri, Columbia, 2010.

- Becklin, K.M., Pallo, M.L., Galen, C. PS 28-67: Using net mycorrhizal benefits to explain and predict plant invasions // *The 94th ESA Annual Meeting* / Albuquerque, New Mexico, USA, 2009.
- Betekhtina, A.A., Tukova, D.E., Veselkin, D.V. Root structure syndromes of four families of monocots in the Middle Urals // *Plant Diversity*. 2023. V. 45. №. 6. P. 722-731. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2023.01.007>
- Brundrett, M. Mycorrhizas in natural ecosystems // *Advances in ecological research*. Academic Press, 1991. V. 21. P. 171-313. doi:10.1016/S0065-2504(08)60099-9
- Bunn, R.A., Ramsey, P.W., Lekberg, Y. Do native and invasive plants differ in their interactions with arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis // *Journal of Ecology*. 2015. V. 103. №. 6. P. 1547-1556.
- Dubrovín, D.I., Veselkin, D.V. Gusev, A.P. Plants species richness and invasional meltdown in two different parts of *Acer negundo* secondary range // *Forests*. 2023. V.14. № 11. 2118. <https://doi.org/10.3390/f14112118>
- Greipsson, S., Di Tommaso, A. Invasive non-native plants alter the occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi and benefit from this association // *Ecological Restoration*. 2006. V. 24. №. 4. P. 236-241.
- Grove, S., Haubensak K.A., Gehring, C., Parker, I.M. Mycorrhizae, invasions, and the temporal dynamics of mutualism disruption // *Journal of Ecology*. 2017. V. 105. №. 6. P. 1496-1508.
- Hejda, M., Sádlo, J., Kutlvašr, J., Petřík, P., Vítková, M., Vojík, M., Pyšek, P., Pergl, J. Impact of invasive and native dominants on species richness and diversity of plant communities // *Preslia*. 2021. V. 93. P. 181-201.
- Kirschner, J., Štěpánek, J. Typification of *Leontodon taraxacum* L. (\equiv *Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) and the generic name *Taraxacum*: A review and a new typification proposal // *Taxon*. 2011. V. 60. P. 216-220.
- Konvalinková, T., Jansa, J. Lights off for arbuscular mycorrhiza: on its symbiotic functioning under light deprivation // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. P. 1-11.
- Kovacs, G.M., Szigetvari, C. Mycorrhizae and other root-associated fungal structures of the plants of a sandy grassland on the Great Hungarian Plain // *Phyton*. 2002. V. 42, № 2. P. 211-223.
- Lekberg, Y., Gibbons, S.M., Rosendahl, S., Ramsey, P.W. Severe plant invasions can increase mycorrhizal fungal abundance and diversity // *The ISME journal*. 2013. V. 7. №. 7. P. 1424-1433.
- Nuismer, S.L., Gandon, S. Moving beyond common-garden and transplant designs: insight into the causes of local adaptation in species interactions // *The American Naturalist*. 2008. Vol. 171. №5, P. 658-668.
- Pickett, B., Maltz, M., Aronson, E. Impacts of invasive plants on soil fungi and implications for restoration // In *Diversity and ecology of invasive plants* / Eds. S.Ch. Sahu, S. Kumar. IntechOpen: United Kingdom, 2018. P. 45.
- Plants of the world online. Available online: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed on 04 June 2024).
- Rafikova, O.S., Veselkin, D.V. Leaf water extracts from invasive *Acer negundo* do not inhibit seed germination more than leaf extracts from native species // *Management of Biological Invasions*. 2022. V. 13. №. 4. P. 705-723. DOI: 10.3391/mbi.2022.13.4.08
- Reinhart, K.O., Callaway, R.M. Soil biota and invasive plants // *New phytologist*. 2006. V. 170. №. 3. P. 445-457.
- Shah, M.A., Reshi, Z.A., Rasool, N. Plant invasions induce a shift in Glomalean spore diversity // *Tropical Ecology*. 2010. V. 51. №. 2. P. 317-323.
- Soudzilovskaia, N.A., Vaessen, S., Barcelo, M., He, J., Rahimlou, S., Abarenkov, K., Brundrett, M.C., Gomes, S.I.F., Merckx, V., Tedersoo, L. FungalRoot: global online database of plant mycorrhizal associations // *New Phytologist*. 2020. Vol. 227. №. 3. P. 955-966.
- Veselkin, D.V., Dubrovín, D.I., Pustovalova, L.A. High canopy cover of invasive *Acer negundo* L. as a mechanism of its influence on ground cover plants // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. № 1. P. 20758.
- Vilá, M., Espinar, J.L., Hejda, M., Hulme, P.E., Jarošík, V., Maron, J.L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y., Pyšek, P. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems // *Ecology Letters*. 2011. V. 14. P. 702-708.
- Walling, S.Z., Zabinski, C.A. Defoliation effects on arbuscular mycorrhizae and plant growth of two native bunchgrasses and an invasive forb // *Applied Soil Ecology*. 2006. V. 32. №. 1. P. 111-117.
- Weidenhamer, J.D., Callaway, R.M. Direct and Indirect Effects of Invasive Plants on Soil Chemistry and Ecosystem Function // *Journal of Chemical Ecology*. 2010. V. 36. P. 59-69.
- Yang, H., Zhang, Q., Dai, Y., Liu, Q., Tang, J., Bian, X., Chen, X. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth depend on root system: a meta-analysis // *Plant and Soil*. 2015. V. 389. P. 361-374.
- Zadworny, M., Eissenstat, D.M. Contrasting the morphology, anatomy and fungal colonization of new pioneer and fibrous roots // *New Phytologist*. 2011. V. 190, №. 1. P. 213-221.
- Zhang, Q., Yang, R., Tang, J., Yang, H., Hu, S., Chen, X. Positive feedback between mycorrhizal fungi and plants influences plant invasion success and resistance to invasion // *PloS one*. 2010. V. 5. №. 8. P. e12380.

Приложение А

Район	Окружение	Размер пробной площади, м ²	Сомкнутость крон, %	Число видов судистых растений	Состав древесных видов	Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, %	Доминанты травяно-кустарничкового яруса	Характеристика сообщества
г. Арамилль	Пространство у общественных зданий	400	70	58	<i>Populus × sibirica</i> G.V.Krylov & G.V.Grig. ex A.K.Skvortsov, <i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	60	<i>Aquilegia vulgaris</i> L., <i>Lolium pratense</i> (Huds.) Darbysh., <i>Poa angustifolia</i> L., <i>Trifolium pratense</i> L.	Рудеральное сообщество в посадках в пришкольном саду
г. Арамилль	Пространство у общественных зданий	400	70	41	<i>Acer negundo</i> L., <i>Prunus padus</i> L.	80	<i>Arctium tomentosum</i> Mill., <i>Bromus inermis</i> Leyss., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Lolium pratense</i> (Huds.) Darbysh., <i>Poa palustris</i> L., <i>Urtica dioica</i> L.	Рудеральное сообщество в посадках в пришкольном саду
Верх-Исетский	Дворы	125	60	20	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	25	<i>Poa annua</i> L., <i>Poa pratensis</i> L.	Рудеральное сообщество во внутриворотовых посадках с густой тропиночной сетью
Верх-Исетский	Дворы	125	70	23	<i>Acer negundo</i> L.	3	не выражены	Рудеральное сообщество во внутриворотовых посадках с густой тропиночной сетью
Верх-Исетский	Дворы	140	90	46	<i>Betula pendula</i> Roth, <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh., <i>Picea obovata</i> Ledeb., <i>Sorbus aucuparia</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill.	60	<i>Campanula rapunculoides</i> L., <i>Poa angustifolia</i> L., <i>Poa pratensis</i> L.	Рудеральное сообщество в придворовых посадках с цветниками и клумбами
Верх-Исетский	Дворы	140	90	46	<i>Acer negundo</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth	60	<i>Campanula rapunculoides</i> L.	Рудеральное сообщество в придворовых посадках с цветниками и клумбами

Район	Окружение	Размер пробной площади, м ²	Сомкнутость крон, %	Число видов судистых растений	Состав древесных видов	Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, %	Доминанты травяно-кустарничкового яруса	Характеристика сообщества
Октябрьский	Пространство у общественных зданий	150	70	41	<i>Acer negundo</i> L., <i>Larix sibirica</i> Ledeb., <i>Tilia cordata</i> Mill.	45	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Impatiens parviflora</i> DC., <i>Taraxacum</i> sect. <i>Taraxacum</i> F.H. Wigg.	Рудеральное сообщество в посадках, прилегающих к автомагистрали
Октябрьский	Пространство у общественных зданий	150	90	23	<i>Acer negundo</i> L., <i>Populus × sibirica</i> G.V.Krylov & G.V.Grig. ex A.K.Skvortsov	50	<i>Impatiens parviflora</i> DC., <i>Poa angustifolia</i> L.	Рудеральное сообщество в посадках, прилегающих к автомагистрали
Орджоникидзевский	Дворы	150	80	28	<i>Acer negundo</i> L., <i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh., <i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim., <i>Sorbus aucuparia</i> L.	70	<i>Chelidonium majus</i> L., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Poa angustifolia</i> L.	Рудеральное сообщество в придворовых посадках
Орджоникидзевский	Дворы	150	80	34	<i>Acer negundo</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth, <i>Crataegus sanguinea</i> Pall., <i>Larix sibirica</i> Ledeb., <i>Populus × sibirica</i> G.V.Krylov & G.V.Grig. ex A.K.Skvortsov	70	<i>Chelidonium majus</i> L., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Poa angustifolia</i> L.	Рудеральное сообщество в придворовых посадках
Орджоникидзевский	Лесной массив в черте города	400	60	50	<i>Betula pendula</i> Roth, <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill.	60	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth, <i>Lolium pratense</i> (Huds.) Darbysh., <i>Pimpinella saxifraga</i> L., <i>Urtica dioica</i> L.	Рудеральное сообщество внутри локального фрагмента урбанизированного сосняка вейниково-разнотравного с густой тропиной сетью

Район	Окружение	Размер пробной площади, м ²	Сомкнутость крон, %	Число видов судистых растений	Состав древесных видов	Общее проективное травяно-кустарничкового яруса, %	Доминанты травяно-кустарничкового яруса	Характеристика сообщества
Орджоникидзевский	Лесной массив в черте города	400	90	27	<i>Acer negundo</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth, <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Salix caprea</i> L.	5	<i>Urtica dioica</i> L.	Рудеральное сообщество на окраине локального фрагмента урбанизированного сосняка вейниково-разногравного с густой тропиной сетью
Орджоникидзевский	Пространство у общественных зданий	400	90	66	<i>Larix sibirica</i> Ledeb., <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh., <i>Picea obovata</i> Ledeb., <i>Sorbus aucuparia</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill.	30	<i>Glechoma hederacea</i> L., <i>Taraxacum</i> sect. <i>Taraxacum</i> F.H. Wigg.	Рудеральное сообщество в посадках в сквере УрГПУ с густой тропиной сетью
Орджоникидзевский	Пространство у общественных зданий	400	80	41	<i>Acer negundo</i> L., <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh., <i>Sorbus aucuparia</i> L., <i>Ulmus laevis</i> Pall.	45	<i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Poa angustifolia</i> L.	Рудеральное сообщество в посадках в сквере УрГПУ с густой тропиной сетью

ARBUSCULAR MYCORRHIZA OCCURRENCE IN HERBACEOUS PLANTS IN COMMUNITIES INVADED BY *ACER NEGUNDO* (SAPINDACEAE, SAPINDALES)

© 2024 Rafikova O.S. *, Dubrovin D.I. **, Veselkin D.V. ***

Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia 620144
Yekaterinburg, st. March 8, 202

e-mail: *rafikova_os@mail.ru; **dubrovin_di@ipae.uran.ru; ***veselkin_dv@ipae.uran.ru

We tested whether one of the consequences of alien plant invasions predicted by the “degraded mutualism” or “mutualism disruption” hypothesis was revealed in relation to the invasive tree ash-leaved maple (*Acer negundo* L.). The aim of the work was to assess the occurrence of arbuscular mycorrhiza in the roots of *Taraxacum* sect. *Taraxacum* F.H.Wigg. (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg.) and *Poa angustifolia* L. in communities invaded (An+) and non-invaded by *A. negundo*, dominated by other woody plant species (An–). The study was performed in urban habitats of Yekaterinburg. Root samples of *T.* sect. *Taraxacum* and *P. angustifolia* were collected from 7 An+ and 7 An– habitats. The occurrence of arbuscular mycorrhiza and root hairs were recorded microscopically. In *T.* sect. *Taraxacum*, an increased occurrence of mycorrhiza was found in communities invaded by *A. negundo*. In *P. angustifolia* roots, no differences of mycorrhiza formation depending on *A. negundo* dominance were observed. Therefore, we have not found a confirmation of the “degraded mutualism” or “mutualism disruption” hypothesis regarding *A. negundo*.

Key words: plant invasions, mechanisms of invasions, degraded mutualism hypothesis, mycorrhiza.