

World Ecology Journal





Volume 10
Issue 1

worldecologyjournal.org
wej@worldjournals.pro

Assigned in press 1.03.2020
Printed 15.03.2020

Contract
Narimanova 12a/44,
Volzsky, Russia

Адрес редакции
Нариманова 12а/44,
Волжский, Россия

Editorial Team

Editor-in-chief

Alexandra V. Semenyutina, Dr.Sc, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, doksemenutina@mail.ru

Editorial Board

Igor P. Svintsov, Dr. Sc., PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, vnialmi@yandex.ru

Victoria A. Semenyutina, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, VSem89@mail.ru

Anatoliy V. Petelko, Dr.Sc., PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, anatoly.petelcko@yandex.ru

Irina V. Kirichkova, PhD, Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia, kirichkova.iv@yandex.ru

Aliya Sh. Khuzhakhmetova, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, aliyaSham@mail.ru

Igor Yu. Podkovyrov, PhD, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russia, parmelia@mail.ru

Reviewer Board

Valeriy I. Panov, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, PanovVI1939@yandex.ru

Alexander V. Tereshkin, PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, soilzn@rambler.ru

Dmitriy A. Mashtakov, Dr. Sc., PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, lmsus1920@mail.ru

Vladimir V. Kruglyak, Dr.Sc., PhD, Voronezh State Agrarian University, Voronezh, Russia, kruglyak_vl@mail.ru

Elena I. Gurieva, PhD, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, gurjeva_el@mail.ru

Natalia Yu. Kulaeva, PhD, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy, Vladikavkaz, Russia, kulayeva@yandex.ru

Dmitriy V. Morev, PhD, Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia, dmorev@rgau-msha.ru

Tatyana A. Andrushko, PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, t.andruschko@yandex.ru

Indexed:

RADS, Google Scholar, CrossRef, DataCite, RCSI, DOI, Роскомнадзор (Эл № ФС 77 – 46701 от 23.09.2011)

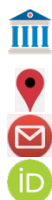
Content

Sergey N. Kruzhilin, Tatyana Y. Baranova, Andrey A. Baghdasaryan Current state and longevity forecast of oak trees in the Gornensky State Nature Reserve	3-21
Sergey E. Lazarev, Alexandra V. Semenyutina, Alexandr A. Hatko Analysis of the current state and prospects of environmental rehabilitation of tree plantations in river valleys	22-47
Sergey E. Lazarev Adaptation mechanisms and life strategies of species of the Robinia L. genus under the conditions of introduction	48-67
Alexandra V. Semenyutina, Aliya Sh. Huzhahmetova, Victoria A. Semenyutina, Daria V. Sapronova Reproductive capacity of the dendrological resources of the Rosaceae family and their prospects for nursery management and forest flora enrichment	68-96
Alexandra V. Semenyutina, Maxim V. Choi, Nikolay A. Bugreev Evaluation of woody plants of Juniperus L. for urban greening in sparsely wooded regions	97-120

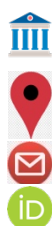
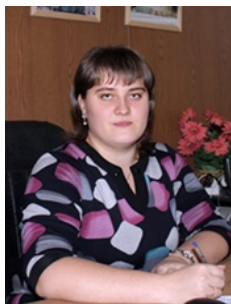
Содержание

Кружилин С.Н., Баранова Т.Ю., Багдасарян А.А. Современное состояние и прогноз долговечности дубрав в государственном природном заказнике «Горненский»	3-21
Лазарев С.Е., Семенютина А.В., Хатько А.А. Анализ современного состояния и перспективы экологической реабилитации древесных насаждений долин рек	22-47
Лазарев С.Е. Механизмы адаптации и жизненные стратегии видов рода Robinia L. в условиях интродукции	48-67
Семенютина А.В., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Сапронова Д.В. Репродуктивная способность дендрологических ресурсов семейства Rosaceae и их перспективность для питомниководства и обогащения дендрофлоры	68-96
Семенютина А.В., Цой М.В., Бугреев Н.А. Оценка древесных растений Juniperus L. для озеленения урбанизированных территорий малолесных регионов	97-120

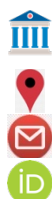
Современное состояние и прогноз долговечности дубрав в государственном природном заказнике «Горненский»



Сергей Николаевич Кружилин
Донской государственный аграрный
университет
Новочеркасск, Россия
ser8915@yandex.ru
0000-0002-6658-1763



Татьяна Юрьевна Баранова
Донской государственный аграрный
университет
Новочеркасск, Россия
tatjana-baranova@inbox.ru
0000-0002-3526-7974



Андрей Артынович Багдасарян
Донской государственный аграрный
университет
Новочеркасск, Россия
andrey.bagdasaryan@inbox.ru
0000-0003-0887-1436

Поступила в редакцию
26.19.2019

Принята
12.02.2020

Опубликована
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.1

Аннотация

Государственный природный заказник "Горненский", расположенный в центральной части Ростовской области, являясь особо охраняемой природной территорией областного значения, имеет уникальные объекты, представленные искусственно созданными лесными насаждениями дуба черешчатого (*Quercus robur* L.).

В современном лесном хозяйстве черноземной зоны дуб черешчатый продолжает занимать лидирующие позиции по хозяйственному значению. Большое внимание при выращивании леса уделяется продуктивности. Насаждения, устойчивые к болезням, вредителям и неблагоприятным природным явлениям, всегда являются продуктивными и имеют большой показатель запаса древесины на единицу площади.

Усыхание дубрав в последние годы становится актуальной проблемой. Основными факторами этих процессов являются повреждения вредителями и инфекционными заболеваниями. Повышению устойчивости деревьев дуба черешчатого в насаждениях способствуют своевременные рубки ухода.

Авторы провели анализ посадок дуба черешчатого, сформированных с участием основной сопутствующей породы – клена остролистного.

Исследовано 2 варианта лесных культур дуба в условиях сухой дубравы (Д1), определены лесоводственно-таксационные показатели в разные возрастные периоды. Отмечается, что при отсутствии в них плановых рубок ухода в периоды с 25 до 40 и с 35 до 50 лет происходит падение бонитета с 1 до 2 класса. Наряду с этим отмечается суховершинность деревьев, что приводит к задернению поверхности почвы и, соответственно изменению условий произрастания.

Ключевые слова

Дуб черешчатый, *Quercus robur*, смешанные насаждения, дубово-кленовые насаждения, выращивание лесных культур, продуктивность насаждений, устойчивость насаждений, формирование насаждений, прогноз долговечности.

Введение

Государственный природный заказник "Горненский", расположенный в центральной части Ростовской области на территории Красносулинского района является старейшим степным лесохозяйственным предприятием на юге России. Это уникальный объект, который возможно охарактеризовать, как природная научная, лесоводственная лаборатория.

Именно здесь произрастают древесно-кустарниковые растения, интродуцированные в наш регион, именно здесь жители нашего региона могут отдыхать и любоваться природными богатствами! Общая площадь заказника составляет 8628,96 га, из которых 30,6% представлена государственным лесным фондом. Лесохозяйственная часть заказника сформирована из 94 кварталов площадью 2642 га. На покрытые лесной растительностью приходится 1789,1 га, в том числе 734,0 га – лесные культуры.

Территория природного заказника представляет собой возвышенную равнину, расчленённую долинами рек и балками. Значительные площади охватывают старые лесные насаждения (дуб, ясень, клён, вяз, сосна и др.). Балки и плакорные участки отличаются естественной разнотравно-ковыльно-типчаковой растительностью.

Донлесхоз по праву считается колыбелью степного лесоразведения. История степного лесоразведения на Юге России берёт своё начало именно здесь с 1876 года. В 1927 году Донское лесничество было преобразовано в Донское учебно-опытное хозяйство (Донской заказник, или Заказник) Новочеркасского инженерно-мелиоративного института. За уже более 140-летний период существования здесь создано около 200 различных вариантов искусственных лесных насаждений, накоплен большой опыт выращивания леса в условиях разнотравно-злаковой степи. Среди насаждений заказника – 125-летнее насаждение Семизоровской дубравы, которая по праву называется жемчужиной степного лесоразведения, старейшие на Дону и Северном Кавказе географические культуры дуба черешчатого, дендрарий, питомник. Все это лесное многообразие придает значимость и ценность заказнику «Горненский».



Рисунок 1. Схема ГПЗ «Горненский»
(С официального сайта Дирекции особо охраняемых природных территорий областного значения «Горненский». URL: <http://www.goszakaznik.ru/23>)

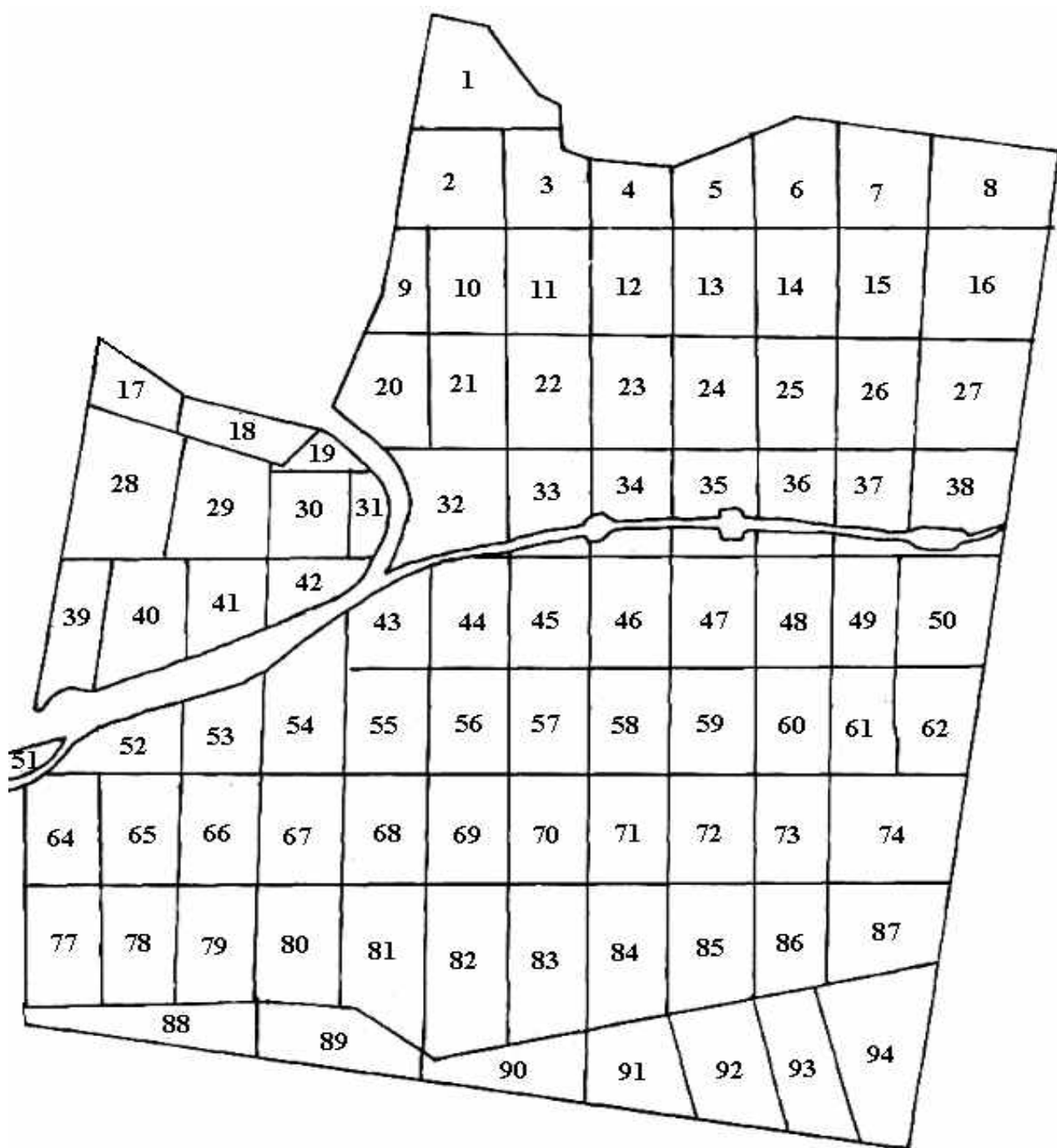


Рисунок 2. Схема организации территории лесного фонда Заказника

Литературный обзор

Согласно агроклиматическому районированию Ростовской области, заказник находится в подрайоне недостаточного увлажнения с умеренно-жарким климатом, характеризующимся следующими среднегодовыми показателями: температура воздуха – $8,2^{\circ}\text{C}$. Количество осадков – 457 мм, относительная влажность воздуха – 72%. Максимум осадков приходится на тёплый период – 268 мм, тогда как на холодный – только 189 мм. Продолжительность периода активной вегетации насчитывает 168-172 дня со среднемноголетней суммой температур 3112°C и влагообеспеченностью (ГТК) – 0.74. (Kruzhilin, 2018).

По схеме геоморфологического районирования Ростовской области территория заказника расположена на юго-восточных отрогах Донецкого кряжа. Рельеф территории представлен двумя орографическими типами: балочным и водораздельным. Особенность территории заказника – расположение на стыке двух подзон – обыкновенных и южных чернозёмов. Действующим лесоустройством установлено преобладание чернозёмов обыкновенных – 938,7 га (из них под лесными

насаждениями 849.9 га) и типичных – 793.1 га (766.9 га). Остальная площадь приходится на выщелоченные, южные, луговато-чернозёмные, намытые и аллювиально-дерновые почвы, солонцы. По гранулометрическому составу наибольшее распространение получили тяжело- и среднесуглинистые почвы.

В лесном фонде заказника «Горненский» основными лесообразующими породами, формирующими лесные насаждения, являются: дуб черешчатый, ясень ланцетный, сосна обыкновенная и крымская, клен остролистный, липа мелколистная. Другие породы, произрастающие в заказнике, являются не менее значимыми и интересными, но, представлены не массово, а даже, единично. К нераспространенным породам, но успешно произрастающим в заказнике, можно отнести: робинию лжеакацию, орех черный, орех медвежий, граб.

В 30-х годах XX века в Донлесхозе был заложен первый арборетум (дендрарий), коллекция которого была представлена значительным количеством видов древесных растений. Это были первые шаги к исследованию опыта лесокультурного производства открытой степи. В настоящее время дендрарий располагается в кв. 21 на земельном участке общей площадью 9,5 га. Работы по его созданию были начаты в 1973 г. Посадочный и посевной материал завозился из различных регионов страны. Среди поставщиков были отмечены Главный ботанический сад АН СССР, Центральный республиканский ботанический сад АН Украинской ССР, ботанический сад Ростовского госуниверситета и др. На сегодняшний день дендрарий насчитывает 182 вида древесных и кустарниковых пород, имеющих ареал распространения в Европе и Сибири, Кавказе и Крыму, Северной Америке, Китае, Японии и других уголках мира. Дендрарий – это коллекционный участок древесных растений, одна из форм охраняемых территорий. Он имеет большое познавательное, научное, природоохранное и эстетическое значение.

В настоящее время дуб черешчатый остается главной породой в степном лесоразведении, как в массивном, так и в полосном и лесопарковом строительстве (Mohr, 2005; Mikhina, 2019).

Многие исследователи отмечают отмирание дубрав на территориях естественного ареала распространения, причины этого до конца являются не определенными (Gennadevich, 2014; Čater, 2015; Čater, 2015; Cho, 2018; Dyderski, 2020). Массовое отмирание дубрав приходилось на начало XX века и 30-е годы XX века, что даже породило такой вид лесоводственного ухода, как санитарная рубка (Korchagin, 2013).

Учеными лесоведами не снимается вопрос изучения влияния на усыхание дубрав фитопатологического состояния насаждений. Исследования по влиянию возбудителей, вызывающих усыхание дубрав подчеркивают важность этой проблемы (Agostinelli, 2018; Bueno-Gonzalez, 2019; Fallon, 2020; Sabernasab, 2019; Meunier, 2019; Field, 2019). Отмечается, что наибольшую опасность для дубов представляют многолетние заболевания и инфекционные болезни, которые характеризуется поражением водопроводящей системы деревьев (Łakomy, 2019; Fallon, 2019). *Ceratocystis fagacearum* (Bretz.) Hunt. (Microascales, Ophiostomataceae) – возбудитель усыхания дуба (сосудистого микоза). Болезнь прогрессирует и на сегодняшний день поражает около двадцати видов дуба.

Поражаемость деревьев патологическими агентами грибного и бактериального происхождения напрямую зависит от их возраста. Исследования утверждают, что с возрастом снижается устойчивость к основным заболеваниям дуба.

Наличие рубок ухода в дубовых насаждениях способствует повышению устойчивости деревьев дуба черешчатого. Учеными отмечается положительное влияние рубок (снижается выпадение из состава насаждения), как в полосных насаждениях, так и в массивных.

Проведение рубок ухода за насаждениями оказывает положительное влияние на насаждения дуба черешчатого при формировании определенных таксационных параметров. Так, исследователями дубрав в южной лесостепи установлено, что устойчивость смешанных древостоев к повреждениям листогрызущими насекомыми можно повысить ограничением суммы площадей сечений дуба до 16 м²/га.

Позиции по характеристике насаждений дуба черешчатого в насаждениях степной зоны Юга России остаются малоизученными и представляют интерес для лесоводов.

Материалы и методы исследования

Выращивание искусственных лесных насаждений требует от лесоведа принятия решений о способе подготовки почвы на участке, выборе метода создания, вида посадочного материала, количества уходов в процессе эксплуатации культур и др. Одним из важных моментов создания лесных культур, является выбор главной и вспомогательных пород, типа и способа смешения. Определиться в выборе перечисленных категорий, можно не только с помощью теоретических знаний, полученных в процессе обучения в учебных заведениях, но и благодаря умению сравнивать имеющиеся опытные варианты, используя лесокультурные методики исследований.



Рисунок 3. Измерение диаметров деревьев на пробной площади

С целью определения наиболее оптимальных вариантов лесных культур, нами заложены пробные площади. Размеры пробных площадей выбирались с таким расчётом, чтобы на них произрастало не менее 200 деревьев дуба черешчатого (главной породы). При их закладке деревья по опушкам, а также крайних рядов в пробную площадь не включались. По ширине пробные площади включали в себя полный цикл схемы смешения. Длинная сторона её располагалась вдоль рядов. На деревьях, находящихся вдоль границы, мелом наносились метки. Промер проб осуществлялся мерной лентой. Высоту деревьев измеряли с помощью высотомера. Для определения средних высот строились графики. Замеры диаметров производились мерной вилкой по одно-сантиметровым ступеням толщины. Класс бонитета определялся по системной бонитировочной шкале, разработанной М.М. Орловым.

Расчёт основных таксационных показателей проводился по статистической обработке. Обработка велась по большой выборке. Для проверки достоверности данных проводилась статистическая обработка, заключающаяся в определении ошибки среднего значения ($\pm m$), коэффициента вариации изменчивости ($\pm C, \%$), точности опыта ($\pm P, \%$).

В рамках представленной работы, нами проведены исследования в культурах дуба черешчатого, которые произрастают в квартале 24 и 34.

Результаты и обсуждение

Классическим примером культур дуба с кленом остролистным является насаждение, произрастающее в 24 квартале, созданное весной 1977 года. До создания культур на участке произрастало отмирающее ясенёво-дубовое порослевое насаждение III^й генерации. После рубки участок подвергся сплошной раскорчёвке, а в последующем – содержался под паром.

Рельеф участка ровный с небольшим уклоном на север и северо-восток. Тип условий местопроизрастания Д₁ – дубрава сухая. Почва – чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый с мощностью гумусового горизонта (А+В₁+В₂) – 81 см.

В этом варианте чистые ряды дуба черешчатого чередуются с чистыми рядами клена остролистного. Схема смешения -Д-Ко-Д-Ко- и т.д., размещение посадочных мест 2,6×0,9 м (Kruzhiin, 2018).

В возрасте 25 лет сформировалось дубово-кленовое насаждение. Состав насаждения: 43% Д 57% Ко, средняя высота дуба $13,5 \pm 0,10$ м, средний диаметр $12,1 \pm 0,20$ см, число стволов – 529 шт./га, класс бонитета – I, запас стволовой древесины – 43,3 м³/га. Средняя высота клена остролистного – $13,5 \pm 0,10$ м, средний диаметр $12,2 \pm 0,14$ см, число стволов – 714 шт./га, класс бонитета – I, запас стволовой древесины – 56,7 м³/га. Общий запас стволовой древесины равен 100 м³/га. В этом варианте культур к возрасту 25 лет сформировалось одноярусное насаждение.

Вторым классическим примером культур дуба с участием клена остролистного, является насаждение, произрастающее в 34 квартале 12 выдела.

Культуры созданы весной 1969 года. Рельеф участка ровный с небольшим уклоном на север и северо-восток. Почва представлена обыкновенным черноземом. Тип условий местопроизрастания Д₁. На участке ранее произрастало порослевое насаждение второй генерации, состоящее из ясеня обыкновенного, дуба черешчатого, ильмовых пород четвертого класса бонитета с низкой товарностью древостоя. После рубки древостоя и сплошной раскорчевки территории проведена плантажная вспашка и трехкратное дискование почвы. Осенью осуществлена зяблевая вспашка на глубину 27-30 см (Kruzhiin, 2018).

Культуры создавались комбинированным методом: дуб – весенним посевом желудей из Шипова леса, липа мелколистная и клен остролистный – посадкой однолетних сеянцев, выращенных в местном питомнике. Дуб черешчатый вводился в культуры чистыми рядами. Вспомогательные породы – клен остролистный и липа мелколистная при посадке чередовались в ряду. Размещение посадочных (посевных) мест 1,5×1 м, схема смешения -Д-Ко/Лм-Д-Ко/Лм- и т.д.

На долю дуба приходилось 50 % посевных мест (3333 посевных мест), клена остролистного и липы мелколистной – по 25 %.

Направление рядов с юга на север. В первые четыре года за культурами регулярно проводились агротехнические уходы. В 1982 году осуществлялась прочистка, а в 1995 и 2002 году – прореживание.

В возрасте 34 года насаждение характеризовалось: состав 83%Ко 17%Лм, дуб черешчатый в насаждении представлен единично (2 шт./га). Число стволов клена остролистного – 952 шт./га, липы мелколистной – 268 шт./га, средняя высота клена – $16,7 \pm 0,15$ м, липы – $16,0 \pm 0,20$ м; средний диаметр клена – $15,0 \pm 0,19$ см, липы – $12,8 \pm 0,26$ см; класс бонитета клена и липы – I; запас стволовой древесины клена – $138,2 \text{ м}^3/\text{га}$, липы – $27,3 \text{ м}^3/\text{га}$. Общий запас – $165,5 \text{ м}^3/\text{га}$.



Рисунок 4. Дубово-кленовое насаждение в 24 квартале в возрасте 25 лет

В представленном насаждении, уже в возрасте 10 лет клен и липа опережали в росте дуб черешчатый, в возрасте 15 лет дуб уже находился под пологом вспомогательных пород, а к 34 годам дуб представлен на площади единично.

Как видно из приведенных примеров, расстояние дуба и клена в междурядьях, должно быть не менее 3 м, т.к. 1,5 м это критическая величина, приводящая к гибели главной породы – дуба черешчатого.

В таблице 1 представлена характеристика насаждений в возрасте 25 и 34 года.



Рисунок 5. Дубово-кленово-липовое насаждение в 34 квартале в возрасте 34 года

Нами проведены исследования на представленных объектах в возрасте 42 (24 квартал) и 50 лет (34 квартал).

В лесоводственной практике, говорят – лес растет там, где его рубят! И, это действительно так! В искусственно созданных насаждениях лес имеет особенность, которая заключается в том, что древостой, не подвергающийся плановым рубкам, может массово усыхать на корню. В доказательство этому, мы приведем исследования описанных выше насаждений (кв. 24 и кв. 34), но уже в возрасте 42 и 50 лет соответственно. В представленных исследуемых вариантах не проводились лесоводственные уходы с момента последних исследований.

В таблице 2 представлены сводные таксационные показатели по двум пробным площадям.

Таблица 1. Лесоводственно-таксационная характеристика дубово-кленовых насаждений на пробных площадях в возрасте 25 и 34 года

Местонахождение, квартал/выд.	Возраст, лет	Схема смещения и размещения, м	Состав насаждения, %	Название породы	Бонитет	Средние		Число стволов на 1 га, шт.	Запас ствол. древес., м³/га
						Высота, м M±mM	Диаметр, см M±mM		
24/12	25	-Д-Ко-Д-Ко-2,6×0,9	43%Д 57%Ко	Дуб	I	13,5±0,10	12,1±0,20	529	43,3
				Клен остр.	I	13,5±0,10	12,2±0,14	714	56,7
34/12	34	-Д-Ко/Лм-1,5×1	83%Ко 17%Лм	Клен остр.	I	16,7±0,15	15±0,19	952	138,2
				Липа мелк.	I	16±0,20	12,8±0,26	268	27,3

Характеризуя современное состояние насаждений, следует отметить, что в дубово-кленовом насаждении в кв. 24 отмечается массовое усыхание деревьев клена остролистного. Все, 100% деревьев клена – имеют суховершинность. Начиная с высоты 10 метров, ствол кленов облиствен и деревья остаются жизнеспособными. Под пологом насаждения – травостой, в местах, где обильное освещение – травостоем покрыто до 70% почвы. Произрастает самосев клена (0,2-1,2 м) и ясеня (0,5-0,8 м).

Таблица 2. Лесоводственно-таксационная характеристика дубово-кленовых насаждений на пробных площадях в возрасте 42 и 50 лет

Местонахождение, квартал/выд.	Возраст, лет	Схема смещения и размещения, м	Состав насаждения, %	Название породы	Бонитет	Средние		Число стволов на 1 га, шт.	Запас ствол. древес., м³/га
						Высота, м M±mM	Диаметр, см M±mM		
24/12	42	-Д-Ко-Д-Ко-2,6×0,9	52%Д 48%Ко	Дуб	I	15,8±0,10	19,4±0,48	298	67,9
				Клен остр.	III	12,5±0,23	14,1±0,23	628	62
34/12	50	-Д-Ко/Лм-1,5×1	94%Ко 6%Лм	Клен остр.	II	17,5±0,10	18,0±0,31	778	167,3
				Липа мелк.	II	17,5±0,15	15,8±0,75	62	10,3

На рисунках 6,7 представлено современное состояние исследуемых насаждений.





Рисунок 6. Дубово-кленовое насаждение в 24 квартале в возрасте 42 года



Рисунок 7. Кленово-липовое насаждение в 34 квартале в возрасте 50 лет

Относительно кленово-липового насаждения (кв. 34), можно отметить, что под пологом отмечается единично самосев клена и ясеня высотой 0,2-1,2 метра. У клена остролистного отмечается суховершинность.

Проведенные исследования позволяют констатировать, что в насаждениях **в** остро назревает потребность в проведении рубок ухода. При загущении древостоев, резко проявляется межвидовая конкуренция, которая на фоне недостатка почвенной влаги выражается в усыхании деревьев в насаждении. К возрасту 50 лет бонитет насаждения снижался с 1 класса (в возрасте 34 года) до 3.

Заключение

При проектировании дубовых насаждений в условиях Д1 (сухая дубрава) следует проектировать дубово-кленовые культуры со следующими характеристиками (рис. 8):

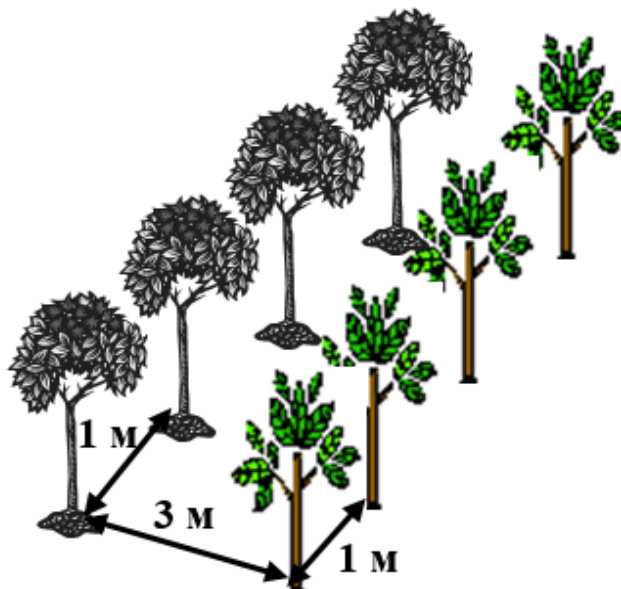
Тип смешения – древесно-теневой;

Главная порода – дуб черешчатый;

Вспомогательная порода – клен остролистный;

Схема размещения – 3х1м;

Процентное участие пород: дуба 50%, клена – 50%.



- дуб черешчатый;



- клен остролистный.

Рисунок 8. Схема размещения

Расстояние дуба и клена в междурядьях, должно быть не менее 3 м, т.к. 1,5 м это критическая величина, приводящая к гибели главной породы – дуба черешчатого.

Древостой, не подвергающийся плановым рубкам массово усыхает на корню. Суховершинность клена может достигать 100%, а дуба – 70-80%. При усыхании вершины на дереве образуются водяные побеги, что связано с изменением светового режима (поступление большего количества солнечного света).

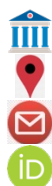
Суховершинность и отмирание деревьев на корню приводит к задержанию почвы. Под пологом насаждения образуется травостой, в местах, где обильное освещение – травостоем покрыто до 70% почвы. Произрастает самосев клена (0,2-1,2 м) и ясеня (0,5-0,8 м).

Список литературы

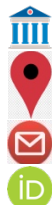
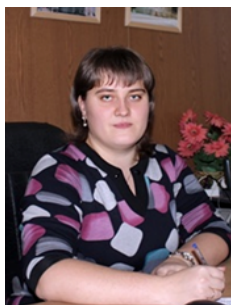
1. Дирекция особо охраняемых природных территорий областного значения «Горненский» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.goszakaznik.ru/23>
2. Agostinelli, M., Cleary, M., Martín, J. A., Albrechtsen, B. R., & Witzell, J. (2018). Pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) differing in vitality as reservoirs for fungal biodiversity. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01758>
3. Bueno-Gonzalez, V., Brady, C., Denman, S., Plummer, S., Allainguillaume, J., & Arnold, D. (2019). *Pseudomonas daroniae* sp. Nov. and *pseudomonas dryadis* sp. nov., isolated from pedunculate oak affected by acute oak decline in the uk. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69(11), 3368–3376. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003615>
4. Čater, M. (2015). A 20-year overview of *Quercus robur* L. Mortality and crown conditions in Slovenia. *Forests*, 6(3), 581–593. <https://doi.org/10.3390/f6030581>
5. Čater, M., & Levanič, T. (2015). Physiological and growth response of *Quercus robur* in Slovenia. *Dendrobiology*, 74, 3–12. <https://doi.org/10.12657/denbio.074.001>
6. Cho, S. E., Lee, S. H., Lee, S. K., Seo, S. T., & Shin, H. D. (2018). First report of powdery mildew caused by *Erysiphe quercicola* on *Quercus robur* in Korea. *Plant Disease*, 102(7), 1455. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1826-PDN>
7. Dyderski, M. K., Chmura, D., Dylewski, Ł., Horodecki, P., Jagodziński, A. M., Pietras, M., ... Woziwoda, B. (2020). Biological Flora of the British Isles: *Quercus rubra*. *Journal of Ecology*, 108(3), 1199–1225. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13375>
8. Fallon, B., Yang, A., Lapadat, C., Armour, I., Juzwik, J., Montgomery, R. A., & Cavender-Bares, J. (2020). Spectral differentiation of oak wilt from foliar fungal disease and drought is correlated with physiological changes. *Tree Physiology*, 40(3), 377–390. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa005>
9. Field, E., Schönrogge, K., Barsoum, N., Hector, A., & Gibbs, M. (2019). Individual tree traits shape insect and disease damage on oak in a climate-matching tree diversity experiment. *Ecology and Evolution*, 9(15), 8524–8540. <https://doi.org/10.1002/ece3.5357>
10. Gennadevich, B. S., Evgenievich, Z. I., & Valerievna, F. L. (2014). Developmental stability study of *Quercus Robur*: Industrial and abiotic factors influence. *Advances in Environmental Biology*, 8(17), 102–109.
11. Korchagin O.M., Tsaralunga V.V., Tsaralunga A.V. (2018). Oak forest biocoenoses: overview of the issue of their environmental sustainability and possible ways to enhance it. *International journal of advanced biotechnology and research*, 9(4), 397-402.
12. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
13. Łakomy, P., Kuźmiński, R., Mucha, J., & Zadworny, M. (2019). Effects of oak root pruning in forest nurseries on potential pathogen infections. *Forest Pathology*, 49(3). <https://doi.org/10.1111/efp.12513>
14. Meunier, J., Bronson, D. R., Scanlon, K., & Gray, R. H. (2019). Effects of oak wilt (*Bretziella fagacearum*) on post harvest *Quercus* regeneration. *Forest Ecology and Management*, 432, 575–581. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.056>
15. Mikhina, E., Taniykevich, V., & Mikhin, V. (2019). Agri-environmental role of protective forest plantations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 392). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012066>
16. Mohr, D., Simon, M., & Topp, W. (2005). Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. *Geoderma*, 129(1–2), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.029>
17. Sabernasab, M., Jamali, S., Marefat, A., & Abbasi, S. (2019). Molecular and Pathogenic Characteristics of *Paecilomyces formosus*, a New Causal Agent of Oak Tree Dieback in Iran. *Forest Science*, 65(6), 743–750. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxz045>
18. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.

19. Seraya, L. G., Larina, G. E., Griboedova, O. G., Petrov, A. V., & Zhukov, F. F. (2019). Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 350). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012038>
20. Stojanović, M., Sánchez-Salguero, R., Levanič, T., Szatniewska, J., Pokorný, R., & Linares, J. C. (2017). Forecasting tree growth in coppiced and high forests in the Czech Republic. The legacy of management drives the coming *Quercus petraea* climate responses. *Forest Ecology and Management*, 405, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.021>

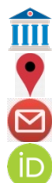
Current state and longevity forecast of oak trees in the Gornensky State Nature Reserve



Sergey N. Kruzhilin
Don State Agrarian University
Novocherkassk, Russia
ser8915@yandex.ru
0000-0002-6658-1763



Tatyana Y. Baranova
Don State Agrarian University
Novocherkassk, Russia
tatjana-baranova@inbox.ru
0000-0002-3526-7974



Andrey A. Baghdasaryan
Don State Agrarian University
Novocherkassk, Russia
andrey.bagdasaryan@inbox.ru
0000-0003-0887-1436

Received
26.19.2019

Accepted
12.02.2020

Published
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.1

Abstract

The Gornensky State Nature Reserve, situated in the central part of the Rostov Region, is a protected natural area of regional significance. The reserve contains unique objects, represented by artificially created forest stands of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). In the modern forestry of the Chernozem zone, pedunculate oak continues to take a leading position in terms of its economic value. Much attention is paid to productivity when growing forests. Plantings that are resistant to diseases, pests, and adverse natural phenomena are always productive and have a large stock of wood per unit area.

The dieback of oak forests has become an urgent problem in recent years. The main factors of these processes are damage by pests and infectious diseases. Timely improvement felling of oak trees helps to increase the stability of the stands.

The authors analyzed plantings of petiolate oak formed with the participation of the main accompanying species – Norway maple. Two variants of forest oak plantations in the conditions of a dry oak forest (D1) were studied, and forestry and taxation indicators were determined for different age periods. It is noted that in the absence of planned improvement felling in the periods from 25 to 40 and from 35 to 50 years, there is a drop in the yield class from 1 to 2. Along with this, the dieback of trees is noted, which results in the grassing-down of the soil surface and, accordingly, changes in the growing conditions.

Keywords

Pedunculate oak, *Quercus robur*, mixed stands, oak-maple stands, growing of forest crops, productivity of stands, stability of stands, formation of stands, longevity forecast

Reference

1. Directorate of specially protected natural areas of regional significance "Gornensky" [Electronic resource]. - Access mode: URL: <http://www.goszakaznik.ru/23>
2. Agostinelli, M., Cleary, M., Martín, J. A., Albrechtsen, B. R., & Witzell, J. (2018). Pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) differing in vitality as reservoirs for fungal biodiversity. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01758>
3. Bueno-Gonzalez, V., Brady, C., Denman, S., Plummer, S., Allainguillaume, J., & Arnold, D. (2019). *Pseudomonas daroniae* sp. Nov. and *pseudomonas dryadis* sp. nov., isolated from pedunculate oak affected by acute oak decline in the uk. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69(11), 3368–3376. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003615>
4. Čater, M. (2015). A 20-year overview of *Quercus robur* L. Mortality and crown conditions in Slovenia. *Forests*, 6(3), 581–593. <https://doi.org/10.3390/f6030581>
5. Čater, M., & Levanič, T. (2015). Physiological and growth response of *Quercus robur* in Slovenia. *Dendrobiology*, 74, 3–12. <https://doi.org/10.12657/denbio.074.001>
6. Cho, S. E., Lee, S. H., Lee, S. K., Seo, S. T., & Shin, H. D. (2018). First report of powdery mildew caused by *Erysiphe quercicola* on *Quercus robur* in Korea. *Plant Disease*, 102(7), 1455. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1826-PDN>
7. Dyderski, M. K., Chmura, D., Dylewski, Ł., Horodecki, P., Jagodziński, A. M., Pietras, M., ... Woziwoda, B. (2020). Biological Flora of the British Isles: *Quercus rubra*. *Journal of Ecology*, 108(3), 1199–1225. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13375>
8. Fallon, B., Yang, A., Lapadat, C., Armour, I., Juzwik, J., Montgomery, R. A., & Cavender-Bares, J. (2020). Spectral differentiation of oak wilt from foliar fungal disease and drought is correlated with physiological changes. *Tree Physiology*, 40(3), 377–390. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa005>
9. Field, E., Schönrogge, K., Barsoum, N., Hector, A., & Gibbs, M. (2019). Individual tree traits shape insect and disease damage on oak in a climate-matching tree diversity experiment. *Ecology and Evolution*, 9(15), 8524–8540. <https://doi.org/10.1002/ece3.5357>
10. Gennadevich, B. S., Evgenievich, Z. I., & Valerievna, F. L. (2014). Developmental stability study of *Quercus Robur*: Industrial and abiotic factors influence. *Advances in Environmental Biology*, 8(17), 102–109.
11. Korchagin O.M., Tsaralunga V.V., Tsaralunga A.V. (2018). Oak forest biocoenoses: overview of the issue of their environmental sustainability and possible ways to enhance it. *International journal of advanced biotechnology and research*, 9(4), 397-402.

12. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
13. Łakomy, P., Kuźmiński, R., Mucha, J., & Zadworny, M. (2019). Effects of oak root pruning in forest nurseries on potential pathogen infections. *Forest Pathology*, 49(3). <https://doi.org/10.1111/efp.12513>
14. Meunier, J., Bronson, D. R., Scanlon, K., & Gray, R. H. (2019). Effects of oak wilt (*Bretziella fagacearum*) on post harvest *Quercus* regeneration. *Forest Ecology and Management*, 432, 575–581. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.056>
15. Mikhina, E., Taniykevich, V., & Mikhin, V. (2019). Agri-environmental role of protective forest plantations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 392). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012066>
16. Mohr, D., Simon, M., & Topp, W. (2005). Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. *Geoderma*, 129(1–2), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.029>
17. Sabernasab, M., Jamali, S., Marefat, A., & Abbasi, S. (2019). Molecular and Pathogenic Characteristics of *Paecilomyces formosus*, a New Causal Agent of Oak Tree Dieback in Iran. *Forest Science*, 65(6), 743–750. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxz045>
18. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
19. Seraya, L. G., Larina, G. E., Griboedova, O. G., Petrov, A. V., & Zhukov, F. F. (2019). Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 350). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012038>
20. Stojanović, M., Sánchez-Salguero, R., Levanič, T., Szatniewska, J., Pokorný, R., & Linares, J. C. (2017). Forecasting tree growth in coppiced and high forests in the Czech Republic. The legacy of management drives the coming *Quercus petraea* climate responses. *Forest Ecology and Management*, 405, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.021>

Анализ современного состояния и перспективы экологической реабилитации древесных насаждений долин рек



Сергей Евгеньевич Лазарев
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской
академии наук
Волгоград, Россия
Hortus@yandex.ru
0000-0001-6473-6242



Александра Викторовна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской
академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
0000-0003-3250-6877



Александр Анатольевич Хатько
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской
академии наук
Волгоград, Россия
gelios134@gmail.com
0000-0002-8495-0833

Поступила в редакцию
14.10.2019

Принята
16.01.2020

Опубликована
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.2

Аннотация

Долины малых рек являются важным элементом ландшафтно-экологического каркаса города Волгограда. В последнее время долины рек претерпели сильную антропогенную трансформацию. Сухая Мечетка является правым притоком р. Волга. Берет начало в Городищенском районе Волгоградской области и имеет общую протяженность 18,5 км. В настоящее время, река не имеет постоянного водотока и является одной из самых загрязненных малых рек Волгоградской агломерации. Естественные древесные насаждения в долине реки практически полностью отсутствуют.

В условиях аридного климата долины малых рек являются единственным местом где возможно формирование естественных лесных массивов и искусственных насаждений лесопаркового типа не требующих регулярного орошения. Сохранение и восстановление пойменных и байрачных лесных массивов позволит значительно повысить санитарно-гигиеническую, рекреационную и эстетическую ценность зеленых насаждений в долинах малых рек Волгоградской агломерации.

Цель исследований – оценить современное состояние и разработать механизмы сохранения, восстановления и обогащения древесных насаждений долины реки Сухая Мечетка.

Объект исследований - дендрофлора долины реки Сухой Мечетки в границах Городищенского района Волгоградской области и Тракторозаводского района г. Волгограда от Третьей Продольной магистрали до устья реки между микрорайоном Спартановка и поселком ГЭС.

В результате проведенных исследований установлено, что растительный покров долины реки Сухая Мечетка представляет собой сеть разрозненных интразональных сильно деградированных байрачных и пойменных растительных сообществ. Типичные байрачные лесные насаждения встречаются только на склонах долины в среднем течении реки. В древесных насаждениях пойменной части преобладают интродуцированные и инвазивные виды растений.

Самая низкая антропогенная нагрузка на растительный покров в пределах исследуемой территории наблюдается на правом склоне долины в среднем течении реки. В верхней части склона сохранились типичные для данной зоны типчаково-ковыльные ассоциации и байрачные насаждения.

Растительный покров пойменной террасы претерпел полную антропогенную трансформацию. В верхней части рядом с Третьей продольной магистралью поймы находится в многолетнем подтоплении, что привело к гибели крупного древесного массива с участием видов вяза *Ulmus* sp.

Ниже по течению Сухая Мечетка представлена каскадом прудов, между которыми река не имеет русла. Заиливание почвы, подъем и высокая минерализация грунтовых вод привели к полному доминированию в растительном покрове Тростника южного *Phragmites australis* и Лоха узколистного *Elaeagnus angustifolia* L.

В нижнем течении на территории бывших дачных участков сформировалось растительное сообщество со специфическим флористическим составом, основу которого составляют остатки плодово-ягодных насаждений. В результате проведенных исследований установлено, что многие интродуцированные виды сформировали устойчивые самовозобновляющиеся популяции, а некоторые из них (*Hippophae rhamnoides* L.), являются потенциально инвазивными и требуют организации дальнейших наблюдений за их расселением.

Результаты исследований позволили выделить единственный участок в пойме Сухой Мечетки с небольшим естественным лесным массивом Ольхи клейкой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., площадью 0,6 га. На территории ольшаника долина реки практически не подвергается экологической трансформации. Флористический состав древесных насаждений представлен местными аборигенными видами растений.

Реконструкцию пойменных древесных насаждений предлагается начинать с восстановления ольшаников и ивняков, обладающих ярко выраженной водорегулирующей и руслоформирующей функцией. Для восстановления естественного биоразнообразия в пойменной части реки необходимо использовать местные природные виды: Иву пепельную *Salix cinerea* L. и Иву трехтычинковую *Salix triandra* L., Иву белую *Salix alba* L., Тополь черный *Populus nigra* L., Тополь белый *Populus alba* L. и Тополь дрожащий *Populus tremula* L. В нижних надпойменных террасах возможна посадка Дуба черешчатого *Quercus robur* L., Ясеня обыкновенного *Fraxinus excelsior* L., Яблони лесной *Malus sylvestris* (L.) Mill., Бересклета бородавчатого *Euonymus verrucosus* Scop., Жостера слабительного *Rhamnus cathartica* L., Сливы колючей *Prunus spinosa* L.. На верхних террасах и на склонах балок необходимо высаживать: Боярышник сомнительный *Crataegus ambigua* C.A.Mey. ex A.K.Becker, Боярышник однопестичный

Crataegus monogyna Jacq., Клен татарский *Acer tataricum* L., Розу собачью *Rosa canina* L., Миндаль низкий *Amygdalus nana* L., Спирею зверобоелистную *Spiraea hypericifolia* L., Чингиль серебристый *Halimodendron halodendron* Pall. и др.

При проведении работ по экологической реабилитации, в первую очередь необходимо обеспечить сохранность естественных природных растительных комплексов. Проектирование и устройство противоэрозионных лесозащитных насаждений на верхних террасах долины реки необходимо проводить с учетом инвазивной активности используемых видов в целях предотвращения их активного внедрения в естественные байрачные сообщества.

Ключевые слова

Малые реки, естественные и искусственные древесные насаждения, растительные сообщества, популяции, экологическая реабилитация, дендрологический состав, *Robinia*, *Alnus*, *Salix*, *Hippophae*, *Elaeagnus*, *Crataegus*, *Ribes*, *Ulmus*, *Acer*, *Prunus*, *Rosa*, *Rhamnus*, *Populus*, *Pinus*, *Malus*, *Vitis*, *Aronia*, *Syringa*, *Juglans*, *Pyrus*, *Spiraea*, *Halimodendron*, *Quercus*, *Euonymus*, *Parthenocissus*

Исследования выполнены по заданию ФНЦ агроэкологии РАН в рамках реализации федеральной программы «Экология» по теме Государственного задания №0713-2019-0004 Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН

Введение

Долины малых рек являются важным элементом ландшафтно-экологического каркаса города Волгограда. С восточной стороны Волгограда протекает река Волга, с запада от города проходят государственные лесные полосы Камышин-Сталинград и Сталинград-Степной-Черкесск, созданные 1940-1950 годах для борьбы с суховеями и песчаными бурями. На территории Городищенского района г. Волгограда государственные лесные полосы имеют статус ООПТ регионального значения "Зеленое кольцо". Долины малых рек пересекают город с запада на восток. Они формируют своего рода зеленые клинья (природные коридоры) соединяющие "Зеленое кольцо" с прибрежными территориями, расположенными вдоль Волги. Пониженный рельеф в долинах рек направляет конвективные потоки воздуха от Волги и Волго-Ахтубинской поймы вверх к водоразделам, обеспечивая тем самым активную аэрацию городских пространств (Krasilnikova, 2018).

Территорию г. Волгограда пересекают пять малых рек: Мокрая Мечетка, Царица, Отрада, Ельшанка и Сухая Мечетка. Сильнее всего антропогенной трансформации подверглись устья Царицы, Сухой Мечетки и Ельшанки (Korosteleva, 2018; Tkach, 2017). Река Сухая Мечетка относится к числу наиболее загрязненных рек (7 класс).

В связи с этим, целью наших исследований стала оценка современного состояния и разработка механизмов сохранения, восстановления и обогащения древесных насаждений долины реки Сухая Мечетка.

Материалы и методы исследования

Анализ состояния древесных насаждений проводился по данным натурных обследований, проведенных в 2019 г. В ходе исследований проводилась идентификация растительных объектов, сбор и фотофиксация образцов для последующей камеральной обработки. В камеральных условиях уточнялась таксономическая принадлежность. Для определения видов и форм древесных растений использовали различные литературные источники.

Оценку роста и развития растений проводили по данным визуальных наблюдений. При оценке роста и состояния учитывалось естественное и искусственное происхождение, возраст насаждений. Проводилось измерение высоты растений и площади популяций (Semenyutina, 2016). Оценивалась способность растений к размножению естественным генеративным и вегетативным способом (Semenyutina, 2018). Степень натурализации чужеродных видов растений оценивали по системе Ф.Г. Шредера с использованием терминов, предложенных Н.С. Камышевым, Н.А. Вьюковой, А.В. Чичёвым: эфемерофиты, колонофиты, эпекофиты и агрофиты. Учитывалась также способность к поддержанию

и увеличению численности популяций в различных условиях естественных и антропогенных местообитаний.

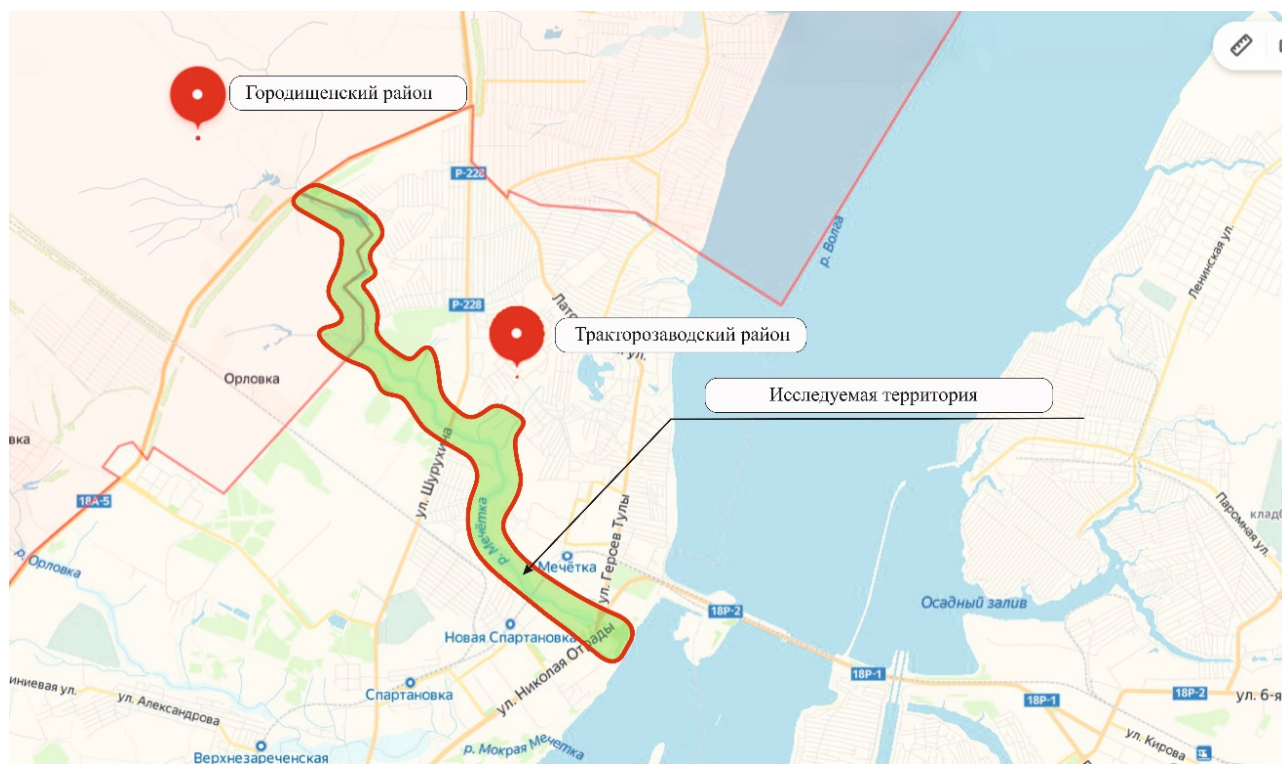


Рисунок 1 Исследуемая территория (долина реки Сухая Мечетка от Третьей Продольной магистрали до устья)

Объект исследований - дендрофлора долины реки Сухой Мечетки в границах Городищенского района Волгоградской области и Тракторозаводского района г. Волгограда от Третьей Продольной магистрали до устья реки между микрорайоном Спартановка и поселком ГЭС (рисунок 2).

Сухая Мечетка является правым притоком Волги. Берет начало в Городищенском районе Волгоградской области и имеет общую протяженность 18,5 км. В настоящее время, река не имеет постоянного водотока. Вода в ней бывает только во время весеннего паводка или после обильных ливней.

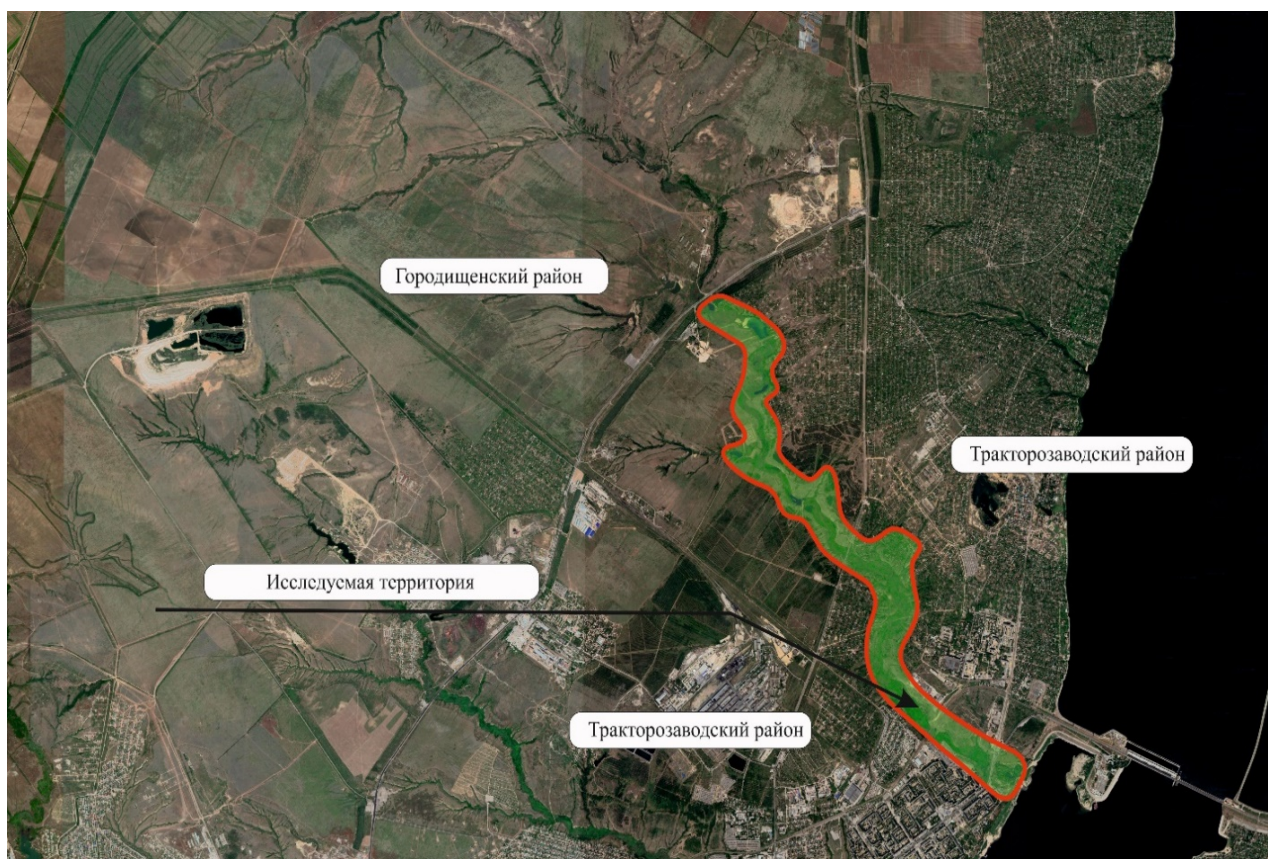


Рисунок 2 Космический снимок долины реки Сухая Мечетка

Скорость течения в среднем составляет 0,1 м/сек. Долина реки отличается сильной изрезанностью территории, с большим количеством оврагов и балок. Как и все малые реки пересечена многочисленными мелкими транспортными дамбами.

Кроме этого, долину реки пересекает три крупные транспортные дамбы с автомагистралями: Третья Продольная магистраль, ул. Шурухина и ул. Николая Отрады. Между ул. Шурухина и ул. Николая Отрады долину пересекает железнодорожный мост. Крупные транспортные дамбы оказывают одно из самых высоких антропогенных воздействий на гидрологический режим реки Сухая Мечетка.

Долину реки можно условно разделить на верхнее течение – от истока до Третьей Продольной магистрали. В этой части долина реки отличается большими уклонами и наименьшей антропогенной трансформацией. Среднее течение – от Третьей Продольной магистрали до ул. Шурухина и нижнее течение – от ул. Шурухина до устья. Устье реки находится ниже транспортной дамбы ул. Николая Отрады. Пойма реки в этой части подвергается регулярным приливным явлениям со стороны р. Волга во время весеннего половодья.

Результаты и обсуждение

По степени антропогенного воздействия на растительный покров исследуемой территории выделяется два района: от транспортной дамбы Третьей Продольной магистрали до дамбы ул. Шурухина (среднее течение); и от ул. Шурухина до ул. Николая Отрады (нижнее течение).

Самая низкая антропогенная нагрузка на растительный покров в пределах исследуемой территории наблюдается на правом склоне долины в среднем течении р. Сухая Мечетка. В верхней части склона сохранились типичные для данной зоны типчаково-ковыльные ассоциации (рисунок 3).

В многочисленных балках сформировались байрачные сообщества с преобладанием аборигенных видов древесных растений: Боярышник однопестичный *Crataegus monogyna* Jacq., Боярышник сомнительный *Crataegus ambigua* С.А. Меу. ex А.К. Becker, Вяз малый или полевой *Ulmus minor* Mill., Клен татарский *Acer tataricum* L., Роза собачья *Rosa canina* L., Слива колючая *Prunus spinosa* L., Жостер слабительный *Rhamnus catharticus* L.



Рисунок 3 Байрачные растительные сообщества правого склона долины р. Сухая Мечетка в среднем течении

Из чужеродных инвазивных видов здесь были зарегистрированы единичные экземпляры Клена ясенелистного *Acer negundo* L. и Ясеня пенсильванского *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. Данные виды считаются самыми распространенными представителями инвазивной флоры (Khapugin, 2019).

В байрачные сообщества они внедрились из защитных лесных насаждений расположенных на верхних участках речной долины. По степени натурализации их можно отнести к трансформерам (агриофитам) способным не только внедряться, но и доминировать в байрачных насаждениях, преобразуя естественные растительные ассоциации за счет высокого прироста биомассы и чрезмерного потребления водных ресурсов.

В защитных лесных насаждениях верхних надпойменных террас и на склонах долины в непосредственной близости от байрачных сообществ были зарегистрированы интродуцированные виды древесных растений, не представляющих угрозы естественным экосистемам: Смородина золотая (*Ribes aureum* Pursh.) и Скумпия кожевенная (*Cotinus coggygia* Scop.). По степени натурализации эти виды можно отнести к колонофитам, которые сформировали устойчивые долговечные (возраст более десяти лет) вегетативно возобновляющиеся древесные насаждения.

Растительный покров пойменной террасы в среднем течении реки Сухая Мечетка имеет неоднородный флористический состав. В самой верхней части, прилегающей к Третьей Продольной магистрали поймы реки находится в многолетнем подтоплении, что привело к гибели крупного древесного массива с участием видов вяза *Ulmus* sp., представляющего в настоящее время сухостойные древесные насаждения (рисунок 4).



Рисунок 4 Сухостойные древесные насаждения с участием видов *Ulmus sp.* в подтопленной пойменной части р. Сухая Мечетка (август 2019 г.).

Ниже по течению пойменная часть р. Сухая Мечетка представлена каскадом прудов, между которыми река практически не имеет русла. Заиление пойменной части реки привело к полному доминированию в растительном покрове тростника южного *Phragmites australis*.

Заиление почвы, подъем, и высокая минерализация грунтовых вод приводит к суховершинности и полному усыханию древесных групп и массивов (Рисунок 5).

Из древесных растений в пойменной части доминируют Лох узколистный *Elaeagnus angustifolia* L. и Тополь черный *Populus nigra* L. Анализ состояния древесных насаждений показал, что наиболее подверженным изменениям гидрологического режима оказался аборигенный вид *Populus nigra* L. Явное преимущество в меняющейся экологической обстановке получает Лох узколистный *Elaeagnus angustifolia* L.

Несмотря на удовлетворительное состояние и суховершинность отдельных экземпляров, он сохраняет способность к генеративному размножению, о чем свидетельствует наличие относительно молодых особей в ювенильном возрасте. Считается, что по степени натурализации лох узколистный в экосистемах различных регионов является инвазивным видом трансформером вытесняющим из коренных долинных лесов тополя (Pearce, 2001).



Рисунок 5 Суховершинность и полное усыхание массивов и древесных групп *Populus nigra* L. в пойменной части р. Сухая Мечетка

Наши наблюдения показывают, что Лох не вступает в прямую конкуренцию с Тополем, а только занимает новую антропогенно-сформированную, не характерную для данного региона экологическую нишу которую не способны занять аборигенные виды древесных растений. Считаем, что в исследуемых растительных ассоциациях Лох узколистый следует рассматривать как эпекофит – вид, распространяющийся по антропогенным местообитаниям.

Примерно на равном удалении от Третьей Продольной магистрали и ул. Шурухина в пойменной части р. Сухая Мечетка находится единственный небольшой естественный массив Ольхи клейкой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, (рисунок 6). Пойменные ольшаники обладают важной водосберегающей и руслоформирующей функцией (Jakubisová, 2013).

На территории ольшанника и ниже по течению, река имеет хорошо оформленное русло. На границе ольшанника встречаются насаждения инвазивных видов Клена ясенелистного и Ясеня пенсильванского, которые в данном случае занимают экологическую нишу пойменных тополеводов. В непосредственной близости от ольшанника был зарегистрирован единственный экземпляр Смородины золотистой. Ювенильный возраст данного растения говорит о возможности естественного семенного возобновления смородины и воспроизведения на значительном расстоянии от родительских особей в полуестественных пойменных насаждениях. Такое поведение характеризует смородину как типичный эпекофит.

Левый склон р. Сухая Мечетка в среднем течении со стороны Третьей Продольной магистрали плотно застроен дачными массивами. Частный сектор вплотную подходит к пойменной части р. Сухая Мечетка.



Рисунок 6 Естественный массив Ольхи клейкой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. в пойменной части реки Сухая Мечетка

Между дачными участками и поймой реки находится узкая линия древесных насаждений. Рядом с Третьей Продольной магистралью вдоль поймы сформировались вязовники с преобладанием Вяза приземистого *Ulmus pumila* L., Вяза гладкого *Ulmus laevis* Pall. и Вяза малого или полевого *Ulmus minor* Mill. Далее, вдоль левого берега самого большого пруда р. Сухая Мечетка находится небольшая прибрежная полоса из Ольхи клейкой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, (рисунок 7).



Рисунок 7 Ольха клейкая *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. в прибрежной полосе самого большого пруда долины р. Сухая Мечетка

Самая низкая антропогенная нагрузка на растительный покров левого берега в среднем течении наблюдается ниже ольшаника, находящегося на середине пути от Третьей Продольной магистрали до ул. Шурухина.

Из древесных видов здесь встречаются: Боярышник однопестичный *Crataegus monogyna* Jacq., Боярышник сомнительный *Crataegus ambigua* С.А. Меу. ex А.К. Веcker, Вяз малый или полевой *Ulmus minor* Mill., Роза собачья *Rosa canina* L. (рисунок 8), Жостер слабительный *Rhamnus catharticus* L. Ближе к ул. Шурухина на левом склоне реки Сухая Мечетка встречаются большие популяции Эфедры двуколосковой *Ephedra distachya* L.



Рисунок 8 Боярышник сомнительный *Crataegus ambigua* С.А. Мей. ex А.К. Becker, Роза собачья *Rosa canina* L.

На верхних речных террасах находятся одновозрастные искусственные лесозащитные насаждения Робинии лжеакалии *Robinia pseudoacacia* L. (рисунок 9) и Сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.



Рисунок 9 Лесозащитные противозерозионные насаждения на верхних речных террасах долины реки Сухая Мечетка

Данные насаждения находятся в непосредственной близости от естественных байрачных сообществ, в которые оба вида активно внедряются. Анализ инвазивной активности показывает, что Сосна обыкновенная сформировала очаги естественного семенного возобновления на расстоянии более двухсот метров от защитных насаждений (рисунок 11), тогда как сеянцы робинии были обнаружены на расстоянии не более ста метров от родительских особей (рисунок 10).



Рисунок 10 Семенное возобновление сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в естественных байрачных насаждениях

Конечно, в отличие от сосны, Робиния псевдоакация отличается более высоким генеративным потенциалом (Semenyutina, 2019), а ее сеянцы активно формируют корневую поросль, которая быстро образует, значительные по размерам клоновые насаждения.

Оба вида являются типичными трансформерами, преобразующими естественные экосистемы (Akaton, 2016; Carl, 2018; Wei, 2018). Робиния является донором азота, избыток которого трансформирует растительный покров, в котором начинают преобладать нитрофильные виды (Mao, 2016; Yan, 2017; Gentili, 2019; Semenyutina, 2019; Poblador, 2019).

Сосновые насаждения еще сильнее трансформируют травянистый растительный покров за счет увеличения кислотности почвы и формирования плотного слоя хвойного опада (Kostenko, 2018). Однако, в отличие от агрессивных инвазивных видов они не способны расселяться на значительные расстояния. Занос растений в естественные экосистемы может происходить только из ближайших защитных насаждений.



Рисунок 11 Семенное и вегетативное распространение Робинии псевдоакации *Robinia pseudoacacia* L. в естественных байрачных насаждениях

Негативное влияние, которое могут оказывать данные виды на природные экосистемы, значительно превосходит противозерозионный эффект, которым обладают искусственно созданные лесозащитные насаждения на склонах долины реки Сухая Мечетка.

Ниже по течению в пойме Сухой Мечетки сформировались практически одновидовые заросли Тростника южного. Из аборигенных видов здесь изредка встречаются небольшие популяции Ивы трехтычинковой *Salix triandra* L. (рисунок 12), Тополя черного *Populus nigra* L (рисунок 13), Ивы белой *Salix alba* L.



Рисунок 12 Популяция Ивы трехтычинковой *Salix triandra* L. в пойме Сухой Мечетки

В нижнем течении реки Сухая Мечетка (от ул. Шурухина до устья) естественный растительный покров претерпел практически полную антропогенную трансформацию. Пойменная часть реки на значительном протяжении здесь была застроена дачными массивами (рисунок 14).

На территории заброшенных дачных участков сформировалось растительное сообщество со специфическим флористическим составом, основу которого составляют остатки бывших плодово-ягодных насаждений приусадебных участков.



Рисунок 13 Популяция Тополя черного *Populus nigra* L. в пойме Сухой Мечетки



Рисунок 14 Зброшненны дачны масив у пойменнай часты рэчкі Сухая Мечетка

На данной территории уже более десяти лет произрастает целый ряд интродуцированных видов древесных растений без какой-либо агротехнической поддержки со стороны дачников. Зарегистрированные виды древесных растений можно разделить на несколько групп. К первой группе относятся виды не способные к формированию устойчивых самовоспроизводящихся популяций. По степени натурализации их необходимо отнести к эфемерофитам. Однако, данные виды в отличие от эфемерофитов формируют довольно устойчивые долговечные насаждения возрастом более 10 лет. Они регулярно цветут и плодоносят, но при этом не имеют семенного или вегетативного возобновления.

К ним можно отнести: Боярышник мягковатый *Crataegus submollis* Sarg., Калину обыкновенную *Viburnum opulus* L. (рисунок 15), Сливу домашнюю *Prunus domestica* L., Яблоню сливолистную *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh., Виноград *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*. (рисунок 16), Аронию черноплодную *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot.



Рисунок 15 Калина обыкновенная *Viburnum opulus* L.

Вторая группа растений – типичные колонофиты, виды формирующие устойчивые самовоспроизводящиеся популяции. При этом они не способны к активному расселению в пойменных и антропогенных местообитаниях. К ним можно отнести Сливу тернослив *Prunus domestica* subsp. *insititia* и Сирень обыкновенную *Syringa vulgaris* L.

Самая большая группа видов – эпекофиты, способные не только поддерживать численность популяций, но и расселяться по территории бывшего садоводческого общества. Это такие виды как Орех грецкий *Juglans regia* L., Партеноциссус прикрепляющийся *Parthenocissus inserta* (A. Kerner) Fritsch, Черемуха виргинская *Prunus virginiana* L., Груша домашняя *Pyrus communis* L., Яблоня домашняя *Malus domestica* L., Абрикос обыкновенный *Prunus armeniaca* L., Вишня обыкновенная *Prunus cerasus* L., Смородина золотистая *Ribes aureum* Pursh., Шелковица черная и белая *Morus nigra*, *Morus alba* L.

Наивысшую степень натурализации среди зарегистрированных видов проявили Лох узколистный *Elaeagnus angustifolia* L. и Облепиха крушиновая *Hippophae rhamnoides* L. Лох узколистный уже давно проник в пойменные сообщества Нижнего Поволжья. Данный вид считается трансформером во многих регионах нашей страны. Он является самым часто встречающимся древесным видом по всей пойменной части реки Сухая Мечетка. На наш взгляд, Лох нельзя считать инвазивным видом на всей протяженности долины реки, т. к. большинство местообитаний подверглись сильной антропогенной трансформации и сложившиеся в них растительные ассоциации не являются типичными пойменными и байрачными сообществами. Однако, Лох был зафиксирован и на территории небольших сохранившихся природных растительных комплексов: в ольшанниках, ивняках и тополеводниках.



Рисунок 16 Виноград *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*

Облепиха крушиновая – еще один вид, который во многих регионах считают инвазивным (Richards, 2011; Cao, 2016; Nawaz, 2018). В условиях Волгоградской области ранее не было зарегистрировано крупных натурализовавшихся популяций облепихи.

В результате наших исследований был зафиксирован факт вегетативного и генеративного расселения облепихи в пойменных условиях р. Сухая Мечетка. Зарегистрированная популяция занимает значительные площади в районе бывшего дачного массива (рисунок 17).

В отличие от лоха, облепиха образует сплошные одновидовые заросли. Несмотря на суховершинность отдельных экземпляров и относительно небольшую высоту деревьев (не более трех метров) насаждения активно плодоносят и возобновляются не только отпрысками, но и семенами. Семенное возобновление облепихи пока наблюдается только на территории бывшего садоводческого товарищества, поэтому по степени натурализации ее необходимо отнести к группе эпекофитов. Однако, высокая инвазивная активность облепихи в других регионах требует организации наблюдений за дальнейшим увеличением и расселением зарегистрированной популяции.



Рисунок 17. Сплошные одновидовые заросли Облепихи крушиновой *Hippophae rhamnoides* L.

Заключение

Типичные природные байрачные и пойменные лесные сообщества в среднем и нижнем течении р. Сухая Мечетка представлены небольшими по площади растительными комплексами. Растительный покров пойменной части представляет собой сеть сильно деградированных антропогенно измененных растительных сообществ, в которых преобладают интродуцированные и инвазивные виды древесных растений. Несколько лучше сохранился растительный покров на склонах долины, где изредка встречаются типичные для данной зоны типчаково-ковыльные ассоциации и интразональные лесные байрачные растительные сообщества.

В условиях аридного климата долина реки являются одним из немногих мест где возможно формирование естественных лесных массивов и искусственных насаждений лесопаркового типа не требующих регулярного орошения. К сожалению, наличие воды и плодородные пойменные почвы послужили причиной активного хозяйственного освоения данной территории. Зарегулирование стока и неконтролируемое орошение огородов и садов, размещенных на террасах и склонах малой реки, привело к заболачиванию и засолению пойменной территории. Данные процессы сопровождаются обеднением видового состава растительных сообществ и сокращением площади естественных и искусственных лесных насаждений (Semenyutina, 2018).

В целях сохранения и восстановления естественных байрачных и пойменных лесных сообществ, а также реконструкции комплекса противоэрозионных лесозащитных насаждений требуется проведение работ по экологической реабилитации.

При восстановлении байрачных лесных насаждений, в первую очередь необходимо обеспечить сохранность естественных природных растительных комплексов на склонах долины реки в среднем течении.

Проектирование и устройство противоэрозионных лесозащитных насаждений на верхних террасах долины реки необходимо проводить с учетом инвазивной активности используемых видов в целях предотвращения их активного внедрения в естественные байрачные сообщества.

Результаты исследований позволили выделить единственный участок в пойме Сухой Мечетки с небольшим естественным лесным массивом Ольхи клейкой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. На территории ольшаника река имеет четко выраженное русло, а флористический состав растительных ассоциаций практически не подвергается экологической трансформации. В окрестностях ольшаника отсутствует Тростник южный и Лох узколистный, из древесных видов встречаются аборигенные: Тополь черный, Ива трехтычинковая.

Данный факт объясняется ярко выраженной водорегулирующей и руслоформирующей функцией Ольхи клейкой. Восстановление пойменных ольшаников в русловой части реки позволит восстановить гидрологический режим и постепенно сформировать условия, подходящие для произрастания древесных видов растений типичных для пойменных лесных сообществ малых рек Волгоградского региона.

Для восстановления естественного биоразнообразия древесных видов растений в пойменной части реки предлагаем использовать посадочный материал типичных для данного местообитания видов: Ивы пепельной *Salix cinerea* L. и Ивы трехтычинковой *Salix triandra* L., Ивы белой *Salix alba* L., Тополя черного *Populus nigra* L., Тополя белого *Populus alba* L. и Тополя дрожащего *Populus tremula* L.

В нижних надпойменных террасах возможна посадка Дуба черешчатого *Quercus robur* L., Ясеня обыкновенного *Fraxinus excelsior* L., Яблони лесной *Malus sylvestris* (L.) Mill., Бересклета бородавчатого *Euonymus verrucosus* Scop., Жостера слабительного *Rhamnus cathartica* L., Сливы колючей *Prunus spinosa* L. На верхних террасах и на склонах балок необходимо высаживать типичные для данных местообитаний: Боярышник сомнительный *Crataegus ambigua* C.A.Mey. ex A.K.Becker, Боярышник однопестичный *Crataegus monogyna* Jacq., Клен татарский *Acer tataricum* L., Розу собачью, Миндаль низкий *Prunus tenella* Batsch, Спирею зверобоелистную *Spiraea hypericifolia* L., Чингиль серебристый *Halimodendron halodendron* Pall. и др.

Список литературы

1. Cao, Z., Li, T., Li, G., Liu, C., Gao, H., Dai, G., ... Li, S. (2016). Modular growth and clonal propagation of *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in response to irrigation intensity. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 1019–1028. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0236-z>
2. Carl, C., Biber, P., Veste, M., Landgraf, D., & Pretzsch, H. (2018). Key drivers of competition and growth partitioning among *Robinia pseudoacacia* L. trees. *Forest Ecology and Management*, 430, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.002>
3. Gentili, R., Ferrè, C., Cardarelli, E., Montagnani, C., Bogliani, G., Citterio, S., & Comolli, R. (2019). Comparing negative impacts of *Prunus serotina*, *Quercus rubra* and *Robinia pseudoacacia* on native forest ecosystems. *Forests*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/f10100842>

4. Jakubisová, M., Jakubis, M., & Lukáčik, I. (2013). Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) and its bank-protective effect on the banks of water flows quantified by method BSTEM [Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) a jej brehoochranný efekt na brehoch vodných tokov kvantifikovaný metódou BSTEM]. *Folia Oecologica*, 40(1), 34–40.
5. Khapugin, A. (2019). A global systematic review of publications concerning the invasion biology of four tree species. *Hacquetia*, 18(2), 233–270. <https://doi.org/10.2478/hacq-2019-0005>
6. Kolyada, N. A., & Kolyada, A. S. (2018). *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae Lindl.) in the South of the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9(3), 215–218. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030062>
7. Korosteleva, M. V., & Korosteleva, N. V. (2018). Forest-park green belts as environment-forming element of urbanized territories. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 451). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012158>
8. Kostenko, I. V. (2018). The Impact of Artificial Forest Plantations on Mountain-Meadow Soils of Crimea. *Eurasian Soil Science*, 51(5), 485–494. <https://doi.org/10.1134/S1064229318050071>
9. Krasilnikova, E., & Popova, L. (2018). Modern trends of sustainable housing design using landscape urbanism principles. *Springer Geography*, 172–182. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70557-6_18
10. Mao, P., Mu, H., Cao, B., Qin, Y., Shao, H., Wang, S., & Tai, X. (2016). Dynamic characteristics of soil properties in a *Robinia pseudoacacia* vegetation and coastal eco-restoration. *Ecological Engineering*, 92, 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.037>
11. Nawaz, M. A., Krutovsky, K. V., Mueller, M., Gailing, O., Khan, A. A., Buerkert, A., & Wiehle, M. (2018). Morphological and genetic diversity of sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in the Karakoram Mountains of Northern Pakistan. *Diversity*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/d10030076>
12. Pearce, C. M., & Smith, D. G. (2001). Plains cottonwood's last stand: Can it survive invasion of Russian olive onto the Milk River, Montana floodplain? *Environmental Management*, 28(5), 623–637. <https://doi.org/10.1007/s002670010248>
13. Poblador, S., Lupon, A., Martí, E., Sabater, F., Sabaté, S., & Bernal, S. (2019). The influence of the invasive alien nitrogen-fixing *Robinia pseudoacacia* L. on soil nitrogen availability in a mixed Mediterranean riparian forest. *European Journal of Forest Research*, 138(6), 1083–1093. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01226-x>
14. Semenyutina, A. (2018). Regulations of safe and sustainable use of biodiversity of woody plants in protective afforestation. *Journal of Agriculture and Environment*, (3 (7)). <https://doi.org/10.23649/jae.2018.3.7.3>
15. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. S., Semenyutina, V. A., & Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110(2), 361–368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>
16. Semenyutina, A. V., Lazarev, S. E., & Melnik, K. A. (2019). Assessment of reproductive capacity of representatives of ancestral complexes and especially their selection of seed in dry conditions. *World Ecology Journal*, 9(1), 1–23. <https://doi.org/10.25726/NM.2019.66.65.001>
17. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
18. Tkach, N. T., & Sychev, N. V. (2017). Age of the Paleolithic site Sukhaya Mechetka (Lower Volga region). In *Proceedings of IGCP 610 Fifth Plenary Conference and Field Trip {ldq}From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary{ldq}* (pp. 201–203). Palermo University Press Palermo, Sicily, Italy.
19. Wei, J.-S., Li, Z.-S., Feng, X.-Y., Zhang, Y., Chen, W.-L., Wu, X., ... Wang, X.-C. (2018). Ecological and physiological mechanisms of growth decline of *Robinia pseudoacacia* plantations in the Loess Plateau of China: A review [黄土高原人工刺槐林生长衰退的生态生理机制]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 29(7), 2433–2444. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201807.037>

20. Yan, W., Zhong, Y., & Shangguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>

Analysis of the current state and prospects of environmental rehabilitation of tree plantations in river valleys



Sergey E. Lazarev

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective
Afforestation of Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
Hortus@yandex.ru
0000-0001-6473-6242



Alexandra V. Semenyutina

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective
Afforestation of Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
vnialmi@yandex.ru
0000-0003-3250-6877



Alexandr A. Hatko

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective
Afforestation of Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
gelios134@gmail.com
0000-0002-8495-0833

Received
14.10.2019

Accepted
16.01.2020

Published
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.2

Abstract

Small river valleys are an important element of the landscape and environmental framework of the city of Volgograd. Recently, river valleys have undergone a strong anthropogenic transformation. The Sukhaya Mechetka is a right tributary of the Volga River. It originates in the Gorodishchensky District of the Volgograd Region and has a total length of 18.5 km. Currently, the river has no permanent watercourse and is one of the most polluted small rivers of the Volgograd agglomeration. Natural tree plantations in the river valley are almost completely absent.

In an arid climate, small river valleys are the only place where it is possible to form natural forests and artificial plantations of the forest-park type that do not require regular irrigation. Conservation and restoration of floodplain and ravine forests will significantly increase the sanitary, recreational, and aesthetic value of green spaces in the small river valleys in the Volgograd agglomeration.

The purpose of the research is to assess the current state and develop mechanisms for preserving, restoring, and enriching tree plantations in the Sukhaya Mechetka River valley.

The object of research is the forest flora of the Sukhaya Mechetka River valley within the boundaries of the Gorodishchensky District of the Volgograd Region and the Traktorzavodskoy District of Volgograd from the Third Longitudinal Highway to the mouth of the river between the Spartanovka Microdistrict and the GES Settlement.

As a result of the conducted research, it was found that the vegetation cover of the Sukhaya Mechetka River valley is a network of scattered intrazonal highly degraded ravine and floodplain plant communities. Typical ravine forest plantations are found only on the slopes of the valley in the middle reaches of the river. Introduced and invasive plant species predominate in the woodlands of the floodplain.

The lowest anthropogenic load on vegetation within the study area is observed on the right slope of the valley in the middle reaches of the river. In the upper part of the slope, typical sheep fescue – needlegrass associations and ravine plantings have been preserved.

The vegetation cover of the floodplain terrace has undergone a complete anthropogenic transformation. In the upper part, near the Third Longitudinal Highway, the floodplain is in long-term flooding, which resulted in the death of a large forest area containing the elm species *Ulmus* sp.

Downstream, the Sukhaya Mechetka is represented by a cascade of ponds, between which the river has no channel. The siltation of the soil, rise and high mineralization of groundwater led to the complete domination in the vegetation cover of common reed (*Phragmites australis*) and Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.).

In the lower reaches of the former suburban areas, a plant community with a specific floral composition has formed, the basis of which is the remains of fruit and berry plantations. As a result of the conducted research, it was found that many introduced species formed stable self-renewing populations, and some of them (*Hippophae rhamnoides* L.) are potentially invasive and require further observations of their settlement.

The results of the research made it possible to identify a single area in the Sukhaya Mechetka floodplain with a small natural forest of black alder *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. with an area of 0.6 ha. In the alder forest area, the river valley is almost not subject to environmental transformation. The floral composition of tree stands is represented by local native plant species.

It is proposed to begin the reconstruction of floodplain tree plantations with the restoration of alders and willows, which have a pronounced water-regulating and channel-forming function. To restore natural biodiversity in the floodplain part of the river, it is necessary to use local natural species: grey willow *Salix cinerea* L., almond willow *Salix triandra* L., white willow *Salix alba* L., black poplar *Populus nigra* L., white poplar *Populus alba* L. and common aspen *Populus tremula* L. In the lower terraces above the floodplain, it is possible to plant pedunculate oak *Quercus robur* L., common ash *Fraxinus excelsior* L., European crab apple *Malus sylvestris* (L.) Mill, warty-barked spindle tree. *Euonymus verrucosus* Scop., common buckthorn *Rhamnus cathartica* L., and blackthorn *Prunus spinosa* L. On the upper terraces and ravine slopes, it is required to plant Russian hawthorn *Crataegus ambigua* C.A. Mey. ex A.K. Becker, common hawthorn *Crataegus monogyna* Jacq., Tatar maple *Acer tataricum* L., dog rose *Rosa canina* L., dwarf Russian almond *Amygdalus nana* L., Iberian spirea *Spiraea hypericifolia* L., Russian salt tree *Halimodendron halodendron* Pall., etc.

When carrying out environmental rehabilitation, first of all, it is necessary to ensure the safety of natural plant complexes. The design and construction of anti-erosion forest protection stands on the upper terraces of

the river valley should be carried out taking into account the invasive activity of the species used in order to prevent their active introduction into natural ravine communities.

Keywords

Small rivers, natural and artificial tree plantations, plant communities, populations, ecological rehabilitation, dendrological composition, *Robinia*, *Alnus*, *Salix*, *Hippophae*, *Elaeagnus*, *Crataegus*, *Ribes*, *Ulmus*, *Acer*, *Prunus*, *Rosa*, *Rhamnus*, *Populus*, *Pinus*, *Malus*, *Vitis*, *Aronia*, *Syringa*, *Juglans*, *Pyrus*, *Spiraea*, *Halimodendron*, *Quercus*, *Euonymus*, *Parthenocissus*

The research was carried out on the topic of State Assignment No. 0713-2020-0004 of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences.

References

1. Cao, Z., Li, T., Li, G., Liu, C., Gao, H., Dai, G., ... Li, S. (2016). Modular growth and clonal propagation of *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in response to irrigation intensity. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 1019–1028. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0236-z>
2. Carl, C., Biber, P., Veste, M., Landgraf, D., & Pretzsch, H. (2018). Key drivers of competition and growth partitioning among *Robinia pseudoacacia* L. trees. *Forest Ecology and Management*, 430, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.002>
3. Gentili, R., Ferrè, C., Cardarelli, E., Montagnani, C., Bogliani, G., Citterio, S., & Comolli, R. (2019). Comparing negative impacts of *Prunus serotina*, *Quercus rubra* and *Robinia pseudoacacia* on native forest ecosystems. *Forests*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/f10100842>
4. Jakubisová, M., Jakubis, M., & Lukáčik, I. (2013). Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) and its bank-protective effect on the banks of water flows quantified by method BSTEM [Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) a jej brehoochranný efekt na brehoch vodných tokov kvantifikovaný metódou BSTEM]. *Folia Oecologica*, 40(1), 34–40.
5. Khapugin, A. (2019). A global systematic review of publications concerning the invasion biology of four tree species. *Hacquetia*, 18(2), 233–270. <https://doi.org/10.2478/hacq-2019-0005>
6. Kolyada, N. A., & Kolyada, A. S. (2018). *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae Lindl.) in the South of the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9(3), 215–218. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030062>
7. Korosteleva, M. V., & Korosteleva, N. V. (2018). Forest-park green belts as environment-forming element of urbanized territories. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 451). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012158>
8. Kostenko, I. V. (2018). The Impact of Artificial Forest Plantations on Mountain-Meadow Soils of Crimea. *Eurasian Soil Science*, 51(5), 485–494. <https://doi.org/10.1134/S1064229318050071>
9. Krasilnikova, E., & Popova, L. (2018). Modern trends of sustainable housing design using landscape urbanism principles. *Springer Geography*, 172–182. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70557-6_18
10. Mao, P., Mu, H., Cao, B., Qin, Y., Shao, H., Wang, S., & Tai, X. (2016). Dynamic characteristics of soil properties in a *Robinia pseudoacacia* vegetation and coastal eco-restoration. *Ecological Engineering*, 92, 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.037>
11. Nawaz, M. A., Krutovsky, K. V., Mueller, M., Gailing, O., Khan, A. A., Buerkert, A., & Wiehle, M. (2018). Morphological and genetic diversity of sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in the Karakoram Mountains of Northern Pakistan. *Diversity*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/d10030076>
12. Pearce, C. M., & Smith, D. G. (2001). Plains cottonwood's last stand: Can it survive invasion of Russian olive onto the Milk River, Montana floodplain? *Environmental Management*, 28(5), 623–637. <https://doi.org/10.1007/s002670010248>
13. Poblador, S., Lupon, A., Martí, E., Sabater, F., Sabaté, S., & Bernal, S. (2019). The influence of the invasive alien nitrogen-fixing *Robinia pseudoacacia* L. on soil nitrogen availability in a mixed Mediterranean riparian forest. *European Journal of Forest Research*, 138(6), 1083–1093. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01226-x>

14. Semenyutina, A. (2018). Regulations of safe and sustainable use of biodiversity of woody plants in protective afforestation. *Journal of Agriculture and Environment*, (3 (7)). <https://doi.org/10.23649/jae.2018.3.7.3>
15. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. S., Semenyutina, V. A., & Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110(2), 361–368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>
16. Semenyutina, A. V., Lazarev, S. E., & Melnik, K. A. (2019). Assessment of reproductive capacity of representatives of ancestral complexes and especially their selection of seed in dry conditions. *World Ecology Journal*, 9(1), 1-23. <https://doi.org/10.25726/NM.2019.66.65.001>
17. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
18. Tkach, N. T., & Sychev, N. V. (2017). Age of the Paleolithic site Sukhaya Mechetka (Lower Volga region). In *Proceedings of IGCP 610 Fifth Plenary Conference and Field Trip {ldq}From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary{ldq}* (pp. 201–203). Palermo University Press Palermo, Sicily, Italy.
19. Wei, J.-S., Li, Z.-S., Feng, X.-Y., Zhang, Y., Chen, W.-L., Wu, X., ... Wang, X.-C. (2018). Ecological and physiological mechanisms of growth decline of Robinia pseudoacacia plantations in the Loess Plateau of China: A review [黄土高原人工刺槐林生长衰退的生态生理机制]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 29(7), 2433–2444. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201807.037>
20. Yan, W., Zhong, Y., & Shangguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in Robinia pseudoacacia and Amorpha fruticosa to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>

Механизмы адаптации и жизненные стратегии видов рода *Robinia* L. в условиях интродукции



Сергей Евгеньевич Лазарев
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской
академии наук.
Волгоград, Россия
Hortus@yandex.ru
0000-0001-6473-6242

Поступила в редакцию
14.11.2019

Принята
20.02.2020

Опубликована
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.3

Аннотация

Родовой комплекс *Robinia* L. представляет большой интерес для мобилизации генетических ресурсов в аридные регионы Европы, Азии и Северной Америки. Различные темпы расширения культивируемых ареалов некоторых видов рода *Robinia* L. несомненно связаны с особенностями их адаптации и жизненными стратегиями выживания в новых условиях существования.

В связи с этим, целью данной работы являлся анализ механизмов адаптации и жизненных стратегий различных видов рода Робиния в условиях интродукции.

Объектами исследований стали виды и формы рода *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray. (syn. *Robinia luxurians* (Dieck.) C. K. Shneid.); *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* Vent. var. *hartwegii* (Koehne) Ashe, произрастающие в кластерных коллекционных участках ФНЦ агроэкологии РАН, кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10.

Проведенные исследования позволили выявить у различных представителей рода *Robinia* L. целый ряд филогенетических адаптаций к воздействию неблагоприятных факторов среды, таких как сильно разветвленная корневая система, ксероморфное строение листьев, ажурность и ветропроницаемость крон, способность переносить продолжительные засухи, симбиотические связи с азотфиксирующими бактериями.

Результаты исследований показали, что в процессе интродукции все виды рода *Robinia* L. используют ряд фенотипических онтогенетических приспособлений. Наиболее важные из них – это смена жизненной формы (дерево - кустарник, одноствольное - многоствольное дерево), а также снижение темпов роста и уменьшение общей высоты растений в зависимости от почвенного плодородия, влагообеспечения и повреждающего воздействия низких зимних температур. Так, на обыкновенных черноземах в условиях Украины в возрасте 20-и лет насаждения из Робинии псевдоакация достигают высоты 14-15 м, тогда как на светло-каштановых почвах в условиях Нижнего Поволжья в этом же возрасте они достигают всего 6 м.

Кроме этого, на протяжении последних столетий представители рода *Robinia* L. выработали ряд генотипических адаптаций к новым условиям существования. Данные приспособления являются одними из самых важных, т.к. приводят к появлению качественно новых адаптаций, расширяющих границы экологической пластичности вида. У всех видов сократились сезонные циклы фенологического развития и в настоящее время они укладываются в оптимальные сроки развития древесных интродуцентов в регионах с относительно суровым для них климатом. По показателю фенологической атипичности в условиях Нижнего Поволжья они находятся в нижней половине области нормы (от +1 до 0) по реализации фенологических фаз, что свидетельствует о том, что цикл их развития успешно адаптировался и соответствует вегетационному периоду места интродукции. Как показали наши исследования, все виды рода *Robinia* L. в процессе акклиматизации, перешагнула температурный порог в - 37°C.

Генотипическую природу сформировавшихся адаптаций к низким зимним температурам доказывает сравнительный анализ литературных данных по морозостойкости различных видов рода *Robinia* L. полученных в начале XX века с данными визуальных и физиологических методов оценки проведенных на протяжении последних десятилетий. Вторым важным доказательством появления адаптаций, закрепленных на генетическом уровне является разница в зимостойкости между формами *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd., *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. и типичными представителями *R. pseudoacacia* L. Отсутствие генетической неоднородности при вегетативном размножении указанных форм остановило процессы микроэволюции, не позволив им адаптироваться в новых условиях существования.

Анализ жизненных (экологических) стратегий показал, что в растительных сообществах Робиния псевдоакация может с одинаковым успехом выступать в роли пациента или эксплорента. При этом виалентные свойства у нее выражены намного слабее. Анализ г/К стратегий выживания позволяет отнести ее к г-видам, с высоким генеративным потенциалом, коротким ювенильным и виргинильным этапом развития, способностью к натурализации. Однако, в оптимальных условиях существования в отсутствии конкуренции она, как и многие К-виды может достигать значительного возраста до 400 лет.

Все виды рода *Robinia* L. способны к натурализации в тех или иных регионах вторичного ареала. Однако рекордсменом по этому показателю несомненно является Робиния псевдоакация. По нашему

мнению, данный факт объясняется высоким генеративным потенциалом *R. pseudoacacia* L. по отношению к родственным видам и его высокой хозяйственной значимостью для целей лесозащитного разведения. Представители рода *Robinia* L. не имеют приспособлений для активного распространения семян на значительные расстояния. Натурализация (вхождение в естественные растительные сообщества) происходит, как правило, в непосредственной близости от искусственных лесозащитных насаждений. Розовоцветковые виды рода *Robinia* L., ввиду небольшого роста, не представляют особого интереса для целей агролесомелиорации. Данные виды используются обычно в озеленении населенных пунктов как декоративные растения. Искусственная территориальная изоляция от естественных растительных сообществ и относительно низкий генеративный потенциал не позволяют им активно проявлять инвазивные свойства.

Ключевые слова

обогащение дендрофлоры; *Robinia pseudoacacia*; *Robinia viscosa*; *Robinia neomexicana*; *Robinia luxurians*; экологическая пластичность; механизмы адаптации; филогенетические, онтогенетические, фенотипические и генотипические адаптации; жизненные (экологические) стратегии выживания; вторичные ареалы; натурализация; репродуктивная способность; защитное лесоразведение; озеленение

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0004 «Разработать научные основы и методы сохранения биоразнообразия древесных видов с целью отбора адаптированного генофонда хозяйственно ценных растений для формирования защитных лесных насаждений различного целевого назначения в степи и полупустыне» (№ госрегистрации АААА-А16-116032950058-8) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Понимание механизмов адаптации и жизненных стратегий различных видов растений в новых условиях существования позволяет оценивать их перспективность в процессе интродукции, прогнозировать возможные пути расширения их вторичных ареалов. Наличие тех или иных филогенетических адаптаций у древесных видов является основным критерием отбора при мобилизации генетических ресурсов в целях обогащения дендрофлоры (Кауа, 2010; Хие, 2006). Фенотипические онтогенетические механизмы адаптации приобретают особую актуальность на этапе первичной интродукции, когда растениям необходимо быстро приспосабливаться к меняющимся условиям среды. Наиболее ценными адаптациями вторичной интродукции являются генотипические онтогенетические приспособления возникающие в процессе смены нескольких поколений в новых условиях существования в результате естественного или искусственного отбора.

Различные темпы расширения культивируемых натурализационных и интродукционных ареалов видов рода *Robinia* L. несомненно, связаны с особенностями их адаптации и жизненными (экологическими) стратегиями выживания в новых условиях существования, темпами роста и генеративного развития, а также способностями к различным способам размножения и расселения (натурализации) (Carl, 2018; Wei, 2018; Toumi, 2017).

В связи с этим, целью нашей работы стал анализ механизмов адаптации и жизненных стратегий различных видов рода Робиния в условиях интродукции. В задачи исследований входило:

- проанализировать наличие филогенетических адаптаций у разных видов рода Робиния к неблагоприятным условиям среды;
- выявить онтогенетические фенотипические приспособления, сформировавшиеся у видов рода *Robinia* L. для быстрой адаптации в меняющихся условиях обитания;
- проанализировать динамику показателей зимостойкости представителей рода *Robinia* L. на разных этапах первичной и вторичной интродукции и выявить генотипические адаптации, сформировавшиеся в результате микроразволюционных процессов;
- проанализировать жизненные (экологические) стратегии выживания различных видов рода *Robinia* L.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись виды и формы рода *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray. (syn. *Robinia luxurians* (Dieck.) C. K. Shneid.); *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* Vent. var. *hartwegii* (Koehne) Ashe, зарегистрированные в дендрологических коллекциях Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10 и Нижневолжской станции по селекции древесных пород, № 34:36:0000:14:0178. Характеристика погодных условий в период исследований проводилась по данным Погода и климат.

Изучение фенотипических приспособлений различных видов робиний к новым условиям существования проводили на основе сравнительного анализа особенностей онтогенетического развития растений в типичных (благоприятных) условиях произрастания с развитием в сложных (экстремальных) лесорастительных условиях.

Фиксировались этапы морфогенеза и онтогенеза: продолжительность ювенильного и виргинильного этапа, интенсивность и сроки цветения и плодоношения. Оценивалась семенная и плодородность, качество семян, способность к генеративному размножению и натурализации (Semenyutina, 2019).

Биоэкологическую оценку проводили по общепринятым показателям: зимостойкость, засухоустойчивость, цветение и плодоношение, способность к вегетативному и генеративному размножению. Потенциальную морозостойкость различных видов робинии изучали методом промораживания побегов в климатической камере КХТВ-0,22.

Фенологические наблюдения за сезонным развитием проводили по методике разработанной в ГБС РАН. Анализ соответствия фенологических ритмов развития различных видов робиний продолжительности вегетационного периода в условиях культуры на широте г. Волгограда был проведен по методике Г.Н. Зайцева.

Изучение генотипических адаптаций проводили на основе сравнительного анализа данных по морозостойкости различных видов робинии полученных в начале XX века с данными визуальных и физиологических методов оценки, проведенных нами в последние годы. Сравнивали также, показатели жизнеспособности (зимостойкости) между сортами Робинии псевдоакация и типичными представителями *R. pseudoacacia* L.

Характеристику жизненных стратегий проводили по классификации Б.М. Миркина. В данной классификации рассматриваются стратегии выживания с учетом биотических и абиотических факторов среды.

Результаты и обсуждение

В соответствии с последней таксономической ревизией род робиния включает три розовоцветковых вида: *Robinia neomexicana* Gray. (syn. *Robinia luxurians* (Dieck.) C. K. Shneid.); *Robinia viscosa* Vent.; *Robinia hispida* L. и один белоцветковый - *Robinia pseudoacacia* L., который является наиболее распространенным и изученным видом. Розовоцветковые виды: *Robinia neomexicana* Gray.; *Robinia viscosa* Vent.; *Robinia hispida* L. не получили широкого распространения в культуре, несмотря на то, что некоторые из них не только не уступают, но и превосходят *Robinia pseudoacacia* по хозяйственно-ценным признакам (интенсивность и продолжительность цветения, плотность соцветий и разнообразная окраска цветов) (Semenyutina, 2019).

Большинство видов рода *Robinia* L. в процессе эволюции выработали ряд филогенетических адаптаций (приспособлений) для произрастания в определенных условиях среды. Среди них можно выделить анатомо-морфологические адаптации к произрастанию в засушливых регионах, такие как сильно разветвленная корневая система (Wei, 2019) и ксероморфное строение листьев (Burescu, 2015). Ажурность и ветропроницаемость крон робиний является явной адаптацией для произрастания в регионах с повышенной ветровой нагрузкой.

Важную роль во взаимодействии различных представителей рода Робиния с окружающей средой играют физиолого-биохимические филогенетические адаптации. Исследования физиолого-биохимических особенностей Робинии псевдоакация показали, что она способна не только легко

переносить продолжительные засухи, сокращая транспирацию и интенсивность фотосинтеза, но и быстро восстанавливаться компенсируя ростовые процессы после воздействия неблагоприятных факторов среды (Minucci, 2017; Moser, 2016).

Как и многие представители семейства *Fabaceae* все представители рода Робиния имеют симбиотические связи с азотфиксирующими бактериями и поэтому способны произрастать на бедных почвах, обогащая их при этом азотом (Poblador, 2019; Wurzburger, 2014).

Благодаря исторически сложившемуся комплексу филогенетических адаптаций виды рода *Robinia* L. представляют большой интерес для обогащения генофонда культивируемых растений на деградированных землях во многих засушливых регионах Европы, Азии и Северной Америки.

Конечно одни филогенетические адаптации не могут обеспечить гарантию успешности интродукционных испытаний. Так одним из лимитирующих факторов, оказывающих влияние на расширение культивируемых ареалов различных видов рода Робиния, является относительно низкая зимостойкость. Считается, что северная граница их широкого распространения на территории России проходит в Нижнем Поволжье. Дальнейшее расширение границ в северном направлении возможно только благодаря онтогенетическим фенотипическим и генотипическим адаптациям.

Немаловажную роль в процессе акклиматизации играют фенотипические онтогенетические адаптации. В родовом комплексе Робиния к таким адаптациям можно отнести: смену жизненной формы (дерево-кустарник, одноствольное дерево – многоствольное дерево), замедление темпов роста и уменьшение общих размеров растений, уменьшение размеров листовых пластинок и др.

Все виды рода Робиния могут иметь жизненную форму дерева или кустарника, при этом в типичных местообитаниях у розовоцветковых видов чаще формируется кустовидная форма, тогда как Робиния псевдоакация обычно имеет форму дерева. В неблагоприятных условиях культивирования робинии способны менять форму роста. Такое приспособление несомненно является важным фенотипическим механизмом адаптации к быстро меняющимся условиям среды.

Кустовидная форма формируется под воздействием каких-либо неблагоприятных факторов. Жизненную форму кустарника или многоствольного дерева обычно имеют растения, культивируемые у северных границ вторичных ареалов под воздействием низких зимних температур или в засушливых регионах, где определяющим фактором формирования жизненной формы является гидрологический режим. В защитных насаждениях на водоразделах и на верхних надпойменных террасах в сухостепных условиях Волгоградской области Робиния псевдоакация обычно формирует жизненную форму кустарника или многоствольного дерева, тогда как при хорошем увлажнении в условиях озеленения или в байрачных и пойменных местообитаниях она формирует типичную жизненную форму одноствольного дерева (рисунок 1).

Еще одним механизмом фенотипической адаптации к неблагоприятным условиям произрастания является снижение темпов роста и уменьшение общей высоты растений. При этом уменьшение размеров растений может быть связано с целым комплексом факторов (Vu, 2020):

- низкие зимние температуры, приводящие к повреждению невызревших побегов, в результате которого снимается апикальное доминирование и как следствие формируются более разветвленные невысокие кроны;
- высокие летние температуры, почвенная и атмосферная засуха, снижающие интенсивность фотосинтеза и темпы роста растений в целом;
- почвенное плодородие, также влияет на темпы формирования биомассы, находясь в положительной корреляции с общей высотой и диаметром стволов отдельных растений и насаждений в целом (рисунок 2).

Анализ показателей роста Робинии псевдоакации, в зависимости от условий произрастания показал, что самые большие различия наблюдаются на черноземных почвах в разных географических регионах. Данный факт, свидетельствует о том, что основным лимитирующим фактором, определяющим рост робиниевых насаждений, является не почвенное плодородие, а показатели влагообеспечения тех или иных территорий. Как показывают наши наблюдения, даже на светло-каштановых почвах при регулярном орошении, робиния псевдоакация может достигать высоты 17-18 м.



A)



Б

Рисунок 1 Формирование жизненной формы одноствольного и многоствольного дерева Робинии псевдоакации в разных условиях влагообеспечения:

А) при регулярном орошении в условиях озеленения г. Волгограда

Б) без орошения на семенных плантациях в верхней части склона Григоровой балки (г. Волгоград)

Конечно, фенотипические адаптации не позволяют значительно расширить вторичные ареалы видов рода Робиния, т. к. они не приводят к появлению качественно новых приспособлений в меняющихся условиях существования. Широкая культура различных представителей родового комплекса у северных границ возможна только благодаря генотипическим адаптациям, приобретенным в процессе смены нескольких поколений в результате естественного или искусственного отбора.



А



Б)

Рисунок 2. Влияние условий местопроизрастания на показатели роста *Robinia pseudoacacia* (ряд 1 - чернозем обыкновенный, Украина; ряд 2 – чернозем обыкновенный, Ставропольский край, Ростовская область; ряд 3 – темно-каштановые почвы; ряд 4 – светло-каштановые почвы) А – высота насаждений, Б – диаметр стволов

История культивирования Робинии псевдоакаки в Европейской части России началась в XIII веке. В литературных источниках середины XX века она характеризуется как теплолюбивая культура. Известно, что в условиях Волгоградской, Астраханской, Ростовской области и в республике Калмыкия насаждения из белой акации сильно обмерзали в 1968/69 г. и в 2002/2003 г. Приводятся также данные, полученные методом прямого промораживания побегов, согласно которых, гибель побегов наступает при температуре от -18°C до -21°C (Бу, 2018).

Результаты наших наблюдений показали, что последнее обмерзание (50-100% однолетних побегов) типичных видовых представителей рода Робиния в сухостепных условиях Нижнего Поволжья

произошло в 2006 году (абсолютный минимум – 37°C.). Сильнее всего в этот год пострадали формы *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. у которых наблюдались обмерзания многолетних побегов и скелетных ветвей. Молодые насаждения *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) в коллекционных посадках ФНЦ агроэкологии РАН в этот год полностью погибли. В 2019 году нами были проведены повторные измерения морозостойкости методом промораживания побегов в климатической камере КХТ-0,22. Исследования показали, что воздействие температуры -37°C. при экспозиции 24 часа не вызывает значительных повреждений побегов у типичных представителей *R. neomexicana* Gray., *R. pseudoacacia* L.; *Robinia viscosa* Vent. var. *Hartwegii* (Koehne) Ashe (Bu, 2018).

Данные исследования свидетельствуют о том, что все исследуемые виды, в процессе акклиматизации, перешагнули температурный порог в –37°C. В настоящее время они получают все более широкое распространение в Нижнем Поволжье. Адаптации, выработанные в процессе смены нескольких поколений позволили им не только сформировать устойчивые насаждения, но и натурализоваться, внедрившись в естественные растительные сообщества.

Очевидно, что данные онтогенетические адаптации носят генотипический характер, формирование которых произошло в процессе смены нескольких генеративных поколений в результате микроэволюционных процессов.

Ярким доказательством наличия генотипических адаптаций может служить сравнительная характеристика зимостойкости сортов Робинии псевдоакация, размножение которых происходит исключительно вегетативными способами с типичными представителями этого вида, размножение которых происходит преимущественно генеративным способом (Semenyutina, 2019).

Как показали наши исследования у вегетативно размножаемых форм (*Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. и *Robinia pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.) до сих пор наблюдается ежегодное обмерзание побегов на 25-50% длины прошлогоднего прироста (рисунок 3), а в отдельные годы повреждаются скелетные ветви, в результате чего формируются неравномерные ассиметричные кроны (рисунок 3).

Отсутствие генетической неоднородности в клоновых насаждениях, исключает возможность естественного или искусственного отбора, и формирования новых генотипических адаптаций в изменяющихся условиях произрастания. Именно поэтому, генеративное размножение и смена поколений, являются обязательным условием адаптации растений в процессе интродукции. Наличие генотипических адаптаций к отрицательному воздействию низких температур наблюдается и у других видов рода Робиния. Результаты исследований, проведенных в первой половине XX века, показали, что самым теплолюбивым видом является Робиния клейкая, а самой зимостойкой Робиния новомексиканская (Робиния пышная). Последнюю даже использовали в селекции, с целью повышения зимостойкости Робинии псевдоакация методом гибридизации.

Как показали наши исследования в настоящее время, Робиния клейкая и Робиния псевдоакация не уступают по морозостойкости Робинии новомексиканской. За последнее столетие в процессе естественного и искусственного отбора эти виды выработали ряд генотипических адаптаций к низким отрицательным температурам.

Известно, что зимостойкость растений зависит от целого ряда факторов, одним из которых является изменение сезонных ритмов роста и развития в соответствии с климатическими условиями пункта интродукции. Так как все робинии относительно теплолюбивые виды с продолжительным вегетационным периодом для успешной акклиматизации в регионах с суровым климатом им необходимо приспособиться к более короткому вегетационному периоду.

Мы проверили соответствие фенологических ритмов развития различных видов робиний продолжительности вегетационного периода на широте г. Волгограда. Для этого была проведена интегрированная количественная оценка, принимающая во внимание весь комплекс фенофаз с учетом их отставания или опережения относительно общей нормы, характерной для Волгоградского региона по методике Г.Н. Зайцева, согласно которой все виды распределяются на 8 групп (таблица 1).

Расчеты фенологической атипичности показали, что все виды робинии, в настоящее время, укладываются в оптимальные сроки развития древесных растений. По показателю фенологической атипичности они находятся в нижней половине области нормы (от +1 до 0) по реализации

фенологических фаз, что свидетельствует о том, что цикл их развития успешно адаптировался и соответствует вегетационному периоду места интродукции.



Рисунок 3. Ежегодное обмерзание побегов *Robinia pseudoacacia* f. *pyramidalis* на 25-50% длины однолетнего прироста (г. Волгоград, семенные плантации ФНЦ агроэкологии РАН)

Высшей степенью адаптации растений в новых условиях существования является способность к расселению и вхождение растений в природные экосистемы пункта интродукции (натурализация). При этом, главную роль в процессе натурализации играют эколого-фитоценоотические филогенетические адаптации - приспособления, обеспечивающие способность растений занимать экологические ниши в биоценозе. Эти приспособления обычно рассматривают в рамках жизненных стратегий видов.

В настоящее время используется несколько классификаций жизненных стратегий. Одной из наиболее полных (комплексных) принято считать классификацию Б.М. Миркина. В данной классификации учитываются приспособления к биотическим и абиотическим факторам среды.

По отношению к абиотическим факторам все виды рода *Robinia* L. несомненно можно отнести к экотопическим пациентам, переживающим абиотический стресс в условиях физического экстремума. Они имеют явные преимущества перед многими древесными видами по засухоустойчивости и способности произрастать на бедных почвах. Многие из них несомненно могут выступать в роли пионерных видов способных произрастать в экстремальных естественных и искусственных экотопах: карьерах, терриконах, обвалах, придорожных насыпях.

С другой стороны, в процессе натурализации Робиния псевдоакация часто выступает в роли истинного эксплорента (рудерала) занимая богатые нарушенные местообитания. В сухостепных условиях Нижнего Поволжья она способна возобновляться в защитных насаждениях в сложных лесорастительных условиях даже на водоразделах. Единственным условием этого процесса является противопожарное опаживание насаждений, приводящее к нарушению растительного покрова (рисунок 5).



Рисунок 4. Формирование ассиметричной кроны *Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera* в результате периодического обмерзания многолетних скелетных ветвей (г. Волжский, ул. Энгельса).

Таблица 1. Шкала оценок несоответствия фенологии интродуцентов климату вторичного ареала

Величина показателя фенологической атипичности Φ_1	Балл	Интродукционная характеристика растений
Меньше -3	1	Вегетационный период вторичного ареала занят не полностью: может произрастать в значительно более суровых условиях.
-2 до -3	2	Вегетационный период используется не полностью, может произрастать в более суровых условиях.
-1 до -2	3	Укладывается в данный вегетационный период с некоторым излишком, может расти в несколько более холодном климате.
0 до -1	4	Находится в верхней половине области нормы или оптимума для реализации своих фенофаз; цикл развития соответствует вегетационному периоду места интродукции.
+1 до 0	5	То же в нижней половине области нормы.
+2 до +1	6	Не совсем укладывается по фенологии в данный вегетационный период, в суровые зимы вымерзает.
+3 до +2	7	Продолжительность вегетационного периода, экологические условия среды места произрастания качественно или количественно недостаточны для нормального цикла развития интродуцента. Растение обычно вымерзает на 1-й или на 2-й год после посадки.
Больше +3	8	Условия среды значительно не соответствуют ритму жизнедеятельности интродуцента, который обычно вымерзает в 1-й же год после посадки.

Кроме Робинии псевдоакакии способность к натурализации имеют и другие виды: *R. neomexicana* Gray., *Robinia viscosa* Vent. (Vinogradova, 2013). При этом все виды рода Робиния несомненно могут выступать в роли трансформеров. Вступая в симбиоз с азотфиксирующими бактериями, они значительно повышают содержание азота в почве. Данный процесс приводит к трансформации естественного природного травянистого покрова, в котором начинают преобладать нитрофильные виды растений. В некоторых литературных источниках приводятся также данные об аллелопатических свойствах Робинии псевдоакакии. Предположительно, лиственный опад в робиниевых насаждениях может тормозить развитие семян других растений за счет различных веществ содержащихся в листьях: робинетин, мирицетин и кверцетин (Nasir, 2019).



Рисунок 5. Естественное возобновление Робинии псевдоакакии рядом с защитными насаждениями в нарушенных местообитаниях

Виолентные жизненные стратегии у Робинии псевдоакакии выражены намного слабее. С одной стороны, она является «лесным сорняком» во многих лесных регионах Европы. В оптимальных условиях существования Робиния псевдоакакия способна оказывать прямую конкуренцию аборигенным видам древесных растений, вытесняя их из естественных местообитаний (Akaton, 2016). С другой стороны, существуют многочисленные литературные указания о том, что в малолесных аридных регионах в смешанных насаждениях, она обычно угнетается сопутствующими видами, такими как Вяз приземистый и Сосна обыкновенная. Более того, существует ряд исследований, в которых приводятся данные о том, что в смешанных насаждениях робиния не ухудшает, а улучшает рост и развитие некоторых аборигенных и интродуцированных видов: Тополя белого (Oliveiraa, 2018) и Плосковеточника восточного (Chen, 2018).

Согласно теории г/К стратегий выживания растения делятся на группы по характеристикам их роста и размножения. К данным характеристикам принято относить темпы роста, способность к семенному размножению (генеративный потенциал), продолжительность ювенильного и виргинильного этапа развития, способность к расселению (натурализации) и т.д.

Одним из важных факторов увеличения численности является генеративный потенциал различных видов. Как показали наши исследования, все виды рода Робиния отличаются высоким генеративным потенциалом, при этом лидером по этому показателю в родовом комплексе, несомненно, является Робиния псевдоакакия. Она значительно превосходит другие виды по семенной продуктивности и плодородности (Xie, 2018). Все виды рода Робиния относительно быстро вступают в генеративную фазу развития (4-5 год жизни), что приводит к быстрой смене поколений,

способствующей ускорению естественного и искусственного отбора и появлению новых генотипических адаптаций.

С другой стороны, в оптимальных условиях, при отсутствии конкуренции они могут достигать значительного возраста, что характеризует их К-стратегии. Самой долговечной в условиях культивирования также является Робиния псевдоакация. Об этом свидетельствуют различные факты по истории ее интродукции. Известно, что семена робинии были привезены Жаном Робэном в 1601 году предположительно из Вирджинии и высажены его сыном Веспасианом Робэном в Парижском королевском медицинском саду. Именно поэтому, впоследствии Карл Линней присвоил роду имя «*Robinia*».

В 1602 году один из сеянцев робинии был посажен неподалеку от Собора Парижской Богоматери, рядом с церковью Сен-Жульен-ле-Повр. Данное растение сохранилось до настоящего времени и является живым доказательством долговечности Робинии псевдоакалии (более 400 лет). При этом оно регулярно цветет и плодоносит (рисунок 6).

Заключение

Анализ механизмов адаптации различных видов рода Робиния свидетельствует о наличии у них значительного количества филогенетических адаптаций к неблагоприятным условиям среды, таких как: сильно разветвленная корневая система, ксероморфное строение листьев, ажурность и ветропроницаемость крон, способность переносить продолжительные засухи, симбиотические связи с азотфиксирующими бактериями...

Как показывают наши исследования, в процессе адаптации к неблагоприятным факторам среды все исследуемые виды используют ряд фенотипических онтогенетических приспособлений. Наиболее важные из них – это смена жизненной формы (дерево - кустарник, одноствольное - многоствольное дерево), снижение темпов роста и уменьшение общей высоты растений.

Кроме этого в процессе интродукции на протяжении нескольких последних столетий все виды рода *Robinia* L. выработали ряд генотипических адаптаций к новым условиям существования. Данные приспособления являются одними из самых важных, т.к. приводят к появлению качественно новых адаптаций, расширяющих границы экологической пластичности видов.

Как показали исследования, у всех исследуемых видов сократились циклы фенологического развития и в настоящее время они укладываются в оптимальные сроки развития древесных интродуцентов в регионе с относительно суровым для них климатом (Нижнее Поволжье). По показателю фенологической атипичности они находятся в нижней половине области нормы (от +1 до 0) по реализации фенологических фаз, что свидетельствует о том, что цикл их развития успешно адаптировался и соответствует вегетационному периоду места интродукции. Установлено также, что за последнее столетие значительно повысилась морозостойкость Робинии псевдоакалии и Робинии клейкой, считавшихся раньше самыми теплолюбивыми видами в родовом комплексе *Robinia* L.

Генотипическую природу сформировавшихся адаптаций к низким зимним температурам доказывает сравнительный анализ литературных данных по морозостойкости различных видов робинии, полученных в начале XX века с данными визуальных и физиологических методов оценки, проведенных нами в последние годы. Вторым важным доказательством появления адаптаций, закрепленных на генетическом уровне, является разница в зимостойкости между формами *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd., *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. и типичными представителями *R. pseudoacacia* L. Отсутствие генетической неоднородности при вегетативном размножении указанных форм остановило процессы микроэволюции, не позволив им адаптироваться в новых условиях существования.

Анализ жизненных (экологических) стратегий показал, что в растительных сообществах робиния может с одинаковым успехом выступать в роли пациента или эксплорента. При этом виалентные свойства у робинии выражены намного слабее. Анализ r/K стратегий выживания позволяет отнести ее к г-видам, с высоким генеративным потенциалом, коротким ювенильным и виргинильным этапом развития, способностью к натурализации. Однако, в оптимальных условиях существования в отсутствие конкуренции, робиния, как и многие К-виды может достигать значительного возраста до 400 лет.



Рисунок 6. Робиния псевдоакация рядом с церковью Сен-Жульен-ле-Повр во Франции была высажена в 1602 г. Дерево утратило часть кроны в Первую мировую войну, однако сохранило генеративные функции до настоящего времени [иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов интернета: URL: <https://glukovarenik.livejournal.com/2447842.htm> (12.02.2020)]

Все виды робинии способны к натурализации в тех или иных регионах вторичного ареала. Однако рекордсменом по этому показателю, несомненно, является Робиния псевдоакация. По нашему мнению, данный факт объясняется высоким генеративным потенциалом робинии псевдоакации по отношению к родственным видам и его высокой хозяйственной значимостью для целей лесозащитного разведения. Робиния не имеет приспособлений для активного распространения семян на значительные расстояния. Натурализация (вхождение в естественные растительные сообщества) происходит, как правило, в непосредственной близости от искусственных лесозащитных насаждений. Розовоцветковые виды робиний, ввиду небольшого роста, не представляют большого интереса для агролесомелиорации. Данные виды используются обычно в озеленении населенных пунктов как декоративные растения. Искусственная территориальная изоляция от естественных растительных сообществ и относительно низкий генеративный потенциал не позволяют им активно проявлять инвазивные свойства.

Список литературы

1. Akatov, V. V, Akatova, T. V, & Shadzhe, A. E. (2016). Robinia pseudoacacia L. in the Western Caucasus. *Russian Journal of Biological Invasions*, 7(2), 105–118. <https://doi.org/10.1134/S2075111716020028>
2. Bu, X., Xue, J., Wu, Y., & Ma, W. (2020). Effect of Biochar on Seed Germination and Seedling Growth of Robinia pseudoacacia L. In Karst Calcareous Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(3), 352–363. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1709484>
3. Burescu, L., Cachița, D., & Craciun, C. (2015). Anatomical, morphological and cytological comparative study of leaves and cotyledons from forestry species or. II Comparison between the morpho-anatomical and cytological structures of cotyledons and leaves of Robinia pseudoacacia L. *Studia Universitatis Vasile Goldis Arad, Seria Stiintele Vietii*, 25(2), 65–71.

4. Carl, C., Biber, P., Veste, M., Landgraf, D., & Pretzsch, H. (2018). Key drivers of competition and growth partitioning among *Robinia pseudoacacia* L. trees. *Forest Ecology and Management*, 430, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.002>
5. Chen, X., Tang, M., Zhang, X., Hamel, C., Li, W., & Sheng, M. (2018). Why does oriental arborvitae grow better when mixed with black locust: Insight on nutrient cycling? *Ecology and Evolution*, 8(1), 744–754. <https://doi.org/10.1002/ece3.3578>
6. Kaya, G., Okumus, N., & Yamant, M. (2010). Lead, cadmium and copper concentrations in leaves of *Nerium oleander* L. and *Robinia pseudoacacia* L. as biomonitors of atmospheric pollution. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(4 A), 669–675.
7. Minucci, J. M., Miniati, C. F., Teskey, R. O., & Wurzbarger, N. (2017). Tolerance or avoidance: drought frequency determines the response of an N₂-fixing tree. *New Phytologist*, 215(1), 434–442. <https://doi.org/10.1111/nph.14558>
8. Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S., & Pretzsch, H. (2016). The urban environment can modify drought stress of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Forests*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/f7030071>
9. Nasir, H., Iqbal, Z., Hiradate, S., & Fujii, Y. (2005). Allelopathic Potential of *Robinia pseudoacacia* L. *Journal of Chemical Ecology*, 31(9), 2179–2192. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-6084-5>
10. Oliveira, N., del Río, M., Forrester, D. I., Rodríguez-Soalleiro, R., Pérez-Cruzado, C., Cañellas, I., & Sixto, H. (2018). Mixed short rotation plantations of *Populus alba* and *Robinia pseudoacacia* for biomass yield. *Forest Ecology and Management*, 410, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.034>
11. Poblador, S., Lupon, A., Martí, E., Sabater, F., Sabaté, S., & Bernal, S. (2019). The influence of the invasive alien nitrogen-fixing *Robinia pseudoacacia* L. on soil nitrogen availability in a mixed Mediterranean riparian forest. *European Journal of Forest Research*, 138(6), 1083–1093. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01226-x>
12. Semenyutina, A. V., & Lazarev, S. E. (2019). Diagnostic characteristics of representatives of the genus *Robinia* L. By generative indicators in introduction populations. *World Ecology Journal*, 9(2), 64–94. <https://doi.org/10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2019.2.4>
13. Toumi, M., Barris, S., Seghiri, M., Cheriguene, H., & Aid, F. (2017). Effect of several methods of scarification and osmotic stress on seed germination of *Robinia pseudoacacia* L. [Effet de plusieurs méthodes de scarification et du stress osmotique sur la germination des graines de *Robinia pseudoacacia* L.]. *Comptes Rendus - Biologies*, 340(5), 264–270. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2017.02.002>
14. URL: <https://glukovarenik.livejournal.com/2447842.htm> (12.02.2020)
15. Vinogradova, Y. K., Tkacheva, E. V., Brinzda, J., Mayorov, S. R., & Ostrowsky, R. (2013). On flowering patterns of alien species: 2. *Robinia pseudoacacia*, *R. × ambigua*, and *R. neomexicana*. *Russian Journal of Biological Invasions*, 4(2), 74–86. <https://doi.org/10.1134/S2075117113020094>
16. Wei, J.-S., Li, Z.-S., Feng, X.-Y., Zhang, Y., Chen, W.-L., Wu, X., ... Wang, X.-C. (2018). Ecological and physiological mechanisms of growth decline of *Robinia pseudoacacia* plantations in the Loess Plateau of China: A review [黄土高原人工刺槐林生长衰退的生态生理机制]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 29(7), 2433–2444. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201807.037>
17. Wurzbarger, N., & Ford Miniati, C. (2014). Drought enhances symbiotic dinitrogen fixation and competitive ability of a temperate forest tree. *Oecologia*, 174(4), 1117–1126. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2851-0>
18. Xie, J., Sun, B., & Yu, M. (2006). Constituents of top fragrance from fresh flowers of *Robinia Pseudoacacia* L. occurring in China. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(5), 798–800. <https://doi.org/10.1002/ffj.1720>
19. Yan, W., Zhong, Y., & Shangguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>
20. Zhu, W., Yu, L.-X., Zhao, D.-H., & Jia, L.-M. (2019). Architectural analysis of root systems of mature trees in sandy loam soils using the root development classification [基于根系发育分级的砂壤土下

成熟林木根系构型分析]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 43(2), 119–130.
<https://doi.org/10.17521/cjpe.2018.0269>

Adaptation mechanisms and life strategies of species of the *Robinia* L. genus under the conditions of introduction



Sergey E. Lazarev

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

hortus@yandex.ru

0000-0001-6473-6242

Received
14.11.2019

Accepted
20.02.2020

Published
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.3

Abstract

The *Robinia* L. genus is of great interest for mobilizing genetic resources in arid regions of Europe, Asia, and North America. The different rates of expansion of cultigen areas of some species of the *Robinia* L. genus are undoubtedly related to the peculiarities of their adaptation and life strategies for survival in new conditions of existence.

In this regard, the purpose of this work was to analyze the mechanisms of adaptation and life strategies of various species of the *Robinia* genus under the conditions of introduction.

The objects of research were species and forms of the *Robinia* L. genus: *R. neomexicana* Gray. (syn. *Robinia luxurians* (Dieck.) C.K. Shneid.); *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* Vent. var. *hartwegii* (Koehne) Ashe, growing in cluster collection sites of the Federal Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, cadastre No. 34:34:000000:122, 34:34:060061:10.

Studies have revealed a number of phylogenetic adaptations to adverse environmental factors in various members of the *Robinia* genus, such as a highly branched root system, xeromorphic structure of leaves, openness and wind permeability of crowns, the ability to tolerate prolonged droughts, and symbiotic relationships with nitrogen-fixing bacteria.

The research results have shown that all species of the *Robinia* L. genus use a number of phenotypic ontogenetic devices during introduction. Among them, the most important ones are the change of life form (tree – shrub, single-trunk tree – multi-trunk tree), as well as a decrease in growth rates and a decrease in the overall height of plants, depending on soil fertility, moisture supply, and the damaging effects of low winter temperatures. For example, on ordinary chernozems in Ukraine at the age of 20 years, plantings of *Robinia pseudoacacia* reach a height of 14-15 m, while on light chestnut soils in the Lower Volga region at the same age, they reach only 6 meters.

In addition, over the past centuries, representatives of the *Robinia* L. genus have developed a number of genotypic adaptations to new conditions of existence. These adaptations are among the most important ones, because they lead to the appearance of qualitatively new adaptations that expand the boundaries of ecological plasticity of the species. All species have reduced their seasonal cycles of phenological development and currently meet the optimal time frame for the development of introduced trees in regions with a relatively harsh climate for them. According to the indicator of phenological atypicality, they are in the lower half of the normal range (from +1 to 0) in terms of the implementation of phenological phases, which indicates that the cycle of their development has successfully adapted and corresponds to the vegetation period of the place of introduction. As shown by the authors' research, all species of the *Robinia* L. genus in the process of acclimatization crossed the temperature threshold of -37°C .

The genotypic nature of the formed adaptations to low winter temperatures is proved by a comparative analysis of the literature data on the frost resistance of various species of the *Robinia* L. genus obtained at the beginning of the 20th century with the data of visual and physiological assessment methods conducted over the past decades. The second important proof of the appearance of adaptations fixed at the genetic level is the difference in winter hardiness between the forms of *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. and typical representatives of *R. pseudoacacia* L. The absence of genetic heterogeneity in the vegetative reproduction of these forms of *Robinia* stopped the processes of microevolution, not allowing them to adapt to the new conditions of existence.

Analysis of life (environmental) strategies has shown that in plant communities, *Robinia* can equally well act as a patient or an exuberant. At the same time, the violent properties of *Robinia* are much less pronounced. Analysis of *r/K* survival strategies allows classifying it as an *r*-species with high generative potential, short juvenile and virginal stages of development, and the ability to naturalize. However, in optimal conditions of existence in the absence of competition, *Robinia*, like many *K*-species, can reach a significant age of up to 400 years.

All *Robinia* species are capable of naturalization in certain regions of the secondary range. However, the record holder for this indicator is undoubtedly *Robinia pseudoacacia*. In the authors' opinion, this fact is explained by the high generative potential of *R. pseudoacacia* L. in relation to related species and its high economic significance for the purposes of forest protection breeding. Representatives of the *Robinia* L. genus do not have adaptations for active seed propagation over long distances. Naturalization (entering natural plant

communities) usually occurs in the immediate vicinity of artificial forest protection stands at a distance. Pink-flowered species of the *Robinia* L. genus, due to their small growth, are not of particular interest for agroforestry purposes. These types are usually used in landscaping settlements as ornamental plants. Artificial territorial isolation from natural plant communities and relatively low generative potential do not allow them to actively exhibit invasive properties.

Keywords

Enrichment of forest flora; *Robinia pseudoacacia*; *Robinia viscosa*; *Robinia neomexicana*; *Robinia luxurians*; environmental plasticity; adaptation mechanisms; phylogenetic, ontogenetic, phenotypic and genotypic adaptations; vital (environmental) strategies for survival; secondary habitats; naturalization; reproductive capacity; protective afforestation; landscaping

The research was carried out on the topic of State Assignment No. 0713-2020-0004 of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences.

Reference

1. Akatov, V. V., Akatova, T. V., & Shadzhe, A. E. (2016). *Robinia pseudoacacia* L. in the Western Caucasus. *Russian Journal of Biological Invasions*, 7(2), 105–118. <https://doi.org/10.1134/S2075111716020028>
2. Bu, X., Xue, J., Wu, Y., & Ma, W. (2020). Effect of Biochar on Seed Germination and Seedling Growth of *Robinia pseudoacacia* L. In Karst Calcareous Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(3), 352–363. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1709484>
3. Burescu, L., Cachița, D., & Craciun, C. (2015). Anatomical, morphological and cytological comparative study of leaves and cotyledons from forestry species or. II Comparison between the morpho-anatomical and cytological structures of cotyledons and leaves of *Robinia pseudoacacia* L. *Studia Universitatis Vasile Goldis Arad, Seria Stiintele Vietii*, 25(2), 65–71.
4. Carl, C., Biber, P., Veste, M., Landgraf, D., & Pretzsch, H. (2018). Key drivers of competition and growth partitioning among *Robinia pseudoacacia* L. trees. *Forest Ecology and Management*, 430, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.002>
5. Chen, X., Tang, M., Zhang, X., Hamel, C., Li, W., & Sheng, M. (2018). Why does oriental arborvitae grow better when mixed with black locust: Insight on nutrient cycling? *Ecology and Evolution*, 8(1), 744–754. <https://doi.org/10.1002/ece3.3578>
6. Kaya, G., Okumus, N., & Yamant, M. (2010). Lead, cadmium and copper concentrations in leaves of *Nerium oleander* L. and *Robinia pseudoacacia* L. as biomonitors of atmospheric pollution. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(4 A), 669–675.
7. Minucci, J. M., Miniat, C. F., Teskey, R. O., & Wurzbarger, N. (2017). Tolerance or avoidance: drought frequency determines the response of an N₂-fixing tree. *New Phytologist*, 215(1), 434–442. <https://doi.org/10.1111/nph.14558>
8. Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S., & Pretzsch, H. (2016). The urban environment can modify drought stress of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Forests*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/f7030071>
9. Nasir, H., Iqbal, Z., Hiradate, S., & Fujii, Y. (2005). Allelopathic Potential of *Robinia pseudoacacia* L. *Journal of Chemical Ecology*, 31(9), 2179–2192. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-6084-5>
10. Oliveira, N., del Río, M., Forrester, D. I., Rodríguez-Soalleiro, R., Pérez-Cruzado, C., Cañellas, I., & Sixto, H. (2018). Mixed short rotation plantations of *Populus alba* and *Robinia pseudoacacia* for biomass yield. *Forest Ecology and Management*, 410, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.034>
11. Poblador, S., Lupon, A., Martí, E., Sabater, F., Sabaté, S., & Bernal, S. (2019). The influence of the invasive alien nitrogen-fixing *Robinia pseudoacacia* L. on soil nitrogen availability in a mixed Mediterranean riparian forest. *European Journal of Forest Research*, 138(6), 1083–1093. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01226-x>

12. Semenyutina, A. V., & Lazarev, S. E. (2019). Diagnostic characteristics of representatives of the genus robinia l. By generative indicators in introduction populations. *World Ecology Journal*, 9(2), 64-94. <https://doi.org/10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2019.2.4>
13. Toumi, M., Barris, S., Seghiri, M., Cheriguene, H., & Aid, F. (2017). Effect of several methods of scarification and osmotic stress on seed germination of Robinia pseudoacacia L. [Effet de plusieurs méthodes de scarification et du stress osmotique sur la germination des graines de Robinia pseudoacacia L.]. *Comptes Rendus - Biologies*, 340(5), 264–270. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2017.02.002>
14. URL: <https://glukovarenik.livejournal.com/2447842.htm> (12.02.2020)
15. Vinogradova, Y. K., Tkacheva, E. V., Brinzda, J., Mayorov, S. R., & Ostrowsky, R. (2013). On flowering patterns of alien species: 2. Robinia pseudoacacia, R. × ambigua, and R. neomexicana. *Russian Journal of Biological Invasions*, 4(2), 74–86. <https://doi.org/10.1134/S2075111713020094>
16. Wei, J.-S., Li, Z.-S., Feng, X.-Y., Zhang, Y., Chen, W.-L., Wu, X., ... Wang, X.-C. (2018). Ecological and physiological mechanisms of growth decline of Robinia pseudoacacia plantations in the Loess Plateau of China: A review [黄土高原人工刺槐林生长衰退的生态生理机制]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 29(7), 2433–2444. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201807.037>
17. Wurzbarger, N., & Ford Miniati, C. (2014). Drought enhances symbiotic dinitrogen fixation and competitive ability of a temperate forest tree. *Oecologia*, 174(4), 1117–1126. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2851-0>
18. Xie, J., Sun, B., & Yu, M. (2006). Constituents of top fragrance from fresh flowers of Robinia Pseudoacacia L. occurring in China. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(5), 798–800. <https://doi.org/10.1002/ffj.1720>
19. Yan, W., Zhong, Y., & Shangguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in Robinia pseudoacacia and Amorpha fruticosa to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>
20. Zhu, W., Yu, L.-X., Zhao, D.-H., & Jia, L.-M. (2019). Architectural analysis of root systems of mature trees in sandy loam soils using the root development classification [基于根系发育分级的砂壤土下成熟林木根系构型分析]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 43(2), 119–130. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2018.0269>

Репродуктивная способность дендрологических ресурсов семейства *Rosaceae* и их перспективность для питомниководства и обогащения дендрофлоры



Александра Викторовна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
ORCID 0000-0003-3250-6877



Алия Шамильевна Хужахметова
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
aliyasham@mail.ru
0000-0001-5127-8844



Виктория Алексеевна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
Vsem89@mail.ru
0000-0002-7345-2740



Дарья Владимировна Сапронова
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
sapronova.darya@mail.ru
0000-0002-3559-3745

Поступила в редакцию
2.19.2019

Принята
29.12.2019

Опубликована
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.4

Аннотация

Проведение научных исследований по вопросам влияния стресс-факторов на репродуктивную способность экономически важных древесных растений актуально для аридных регионов РФ, в связи с выполнением мероприятий по национальным проектам «Наука», «Экология». Механизмы приспособления биологических систем к воздействию стресс-факторов, определяются пределами устойчивости растений, раскрывают природу их целостности и сохранности.

Объекты исследований – представители семейства *Rosaceae* (*Amelanchier*, *Amygdalus*, *Aronia*, *Armeniaca*, *Chaenomeles*, *Cerasus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Gydonia*, *Malus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Spiraea* и др.), произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоградская, Самарская области, Алтайский край), включают виды многоцелевого назначения (лесомелиоративные, декоративные, лекарственные, пищевые и др.).

Климат характеризуется небольшим количеством годовых атмосферных осадков (270-395 мм), высокими летними (+40-43°C) и низкими зимними (-35-50°C) температурами воздуха, оттепелями зимой, малым снеговым покровом.

Наблюдение за поведением древесных интродуцентов оценивалось по степени роста, развития и получения репродукции. Использованы методы определения пределов толерантности в условиях действия стресс-факторов на основе кондуктомера S230Kit, устройства Dualux Scientific.

Определение влияния факторов среды на цветение, плодоношение и семеношение исследуемых представителей родовых комплексов семейства *Rosaceae* проводилось по методическим указаниям, разработанным ФНЦ агроэкологии РАН.

В кластерных коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (дендрарии: Волгоградский, Камышинский, Поволжский, Кулундинский) выделены 33,2 % древесных видов с генеративным индексом 0,65-0,79. В эту группу вошли растения с широким экологическим ареалом произрастания (полиморфные родовые комплексы). У них наряду с высоким уровнем экологической пластичности к стресс-факторам по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы (1,70-2,05) отмечено интенсивное плодоношение, высокие показатели завязываемости плодов (64-91%), развитие крупных плодов и семян, хорошая доброкачественность семян.

Семена высоких качеств продуцируют представители *Cydonia* (80...95), *Spiraea* (85...93), *Prunus* (86...97), *Aronia* (88...95), *Padus* (89...96), *Pyrus* (89...99), *Amygdalus* (90...100), *Cerasus* (93...99), *Chaenomeles* (95...99), *Physocarpus* (95...100), *Armeniaca* (99...100). Разнообразием качества семян характеризуются следующие виды родов этого семейства: *Crataegus* (48...91), *Sorbus* (59...88), *Amelanchier* (60...90), *Malus* (68...90), у *Aflutunia ulmifolia* (31...50).

Установлена экологическая специфика видов, связанная с ареалом их происхождения и сложным процессом адаптивной изменчивости. Выявлены биоэкологические параметры семеношения и генеративная способность деревьев и кустарников, для их эффективного непрерывного использования в питомниководстве и лесомелиорации.

В результате исследований разработана теоретическая основа семеноведения, которая базируется на получении адаптивного поколения растений. Получены новые знания по пределам экологической толерантности древесных видов к стресс-факторам.

Для формирования устойчивых лесомелиоративных комплексов и улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов рекомендованы полиморфные родовые комплексы кустарников. На основе анализа климатических характеристик, играющих определяющую роль в успешности интродукции, установлены виды с широким экологическим ареалом, как растения многоцелевого назначения. Они перспективны для насаждений в аридных регионах.

Ключевые слова

репродуктивная способность, адаптация, засуха, стресс-факторы, дендрологические ресурсы, ФНЦ агроэкологии РАН, цветение, плодоношение, биоразнообразие, кустарники, *Rosaceae*, мобилизация, питомниководство, деградированные ландшафты

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0004 «Разработать научные основы и методы сохранения биоразнообразия древесных видов с целью отбора

адаптированного генофонда хозяйственно ценных растений для формирования защитных лесных насаждений различного целевого назначения в степи и полупустыне» (№ госрегистрации АААА-А16-116032950058-8) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Введение

Обогащение дендрофлоры призвано оптимизировать деградированные ландшафты аридных территорий и содействовать формированию устойчивых, к действию биотических и абиотических стрессов в условиях глобального и локального изменения климата, защитных и озеленительных насаждений (Larionov, 2018; Semenyutina, 2018; Konijnendijk, 2008; Dolgih, 2018; Melikhov, 2017; Chindyaeva, 2018).

При создании устойчивых лесомелиоративных комплексов защитных насаждений (необходимых систем: противоэрозионных, мелиоративных, рекреационных и др. насаждений) развитию семеноведения и созданию фонда посадочного материала адаптированных хозяйственно ценных древесных интродуцентов в малолесных регионах как теоретической и практической основы их семеноводства и мобилизации отводится важная роль (Semenyutina, 2018; Stoochnoff, 2018; Kebbas, 2018).

Семенному размножению древесных видов отведено важное место в решении проблемы адаптации и мобилизации растений для малолесных регионов в условиях засушливого климата. Приведенные многолетние экспериментальные материалы (Semenyutina, 2013; Belitskaya, 2019; Semenyutina, 2018), полученные на объектах ФНЦ агроэкологии РАН и его опытной сети, позволяют более успешно управлять генеративным развитием растений, активизировать селекционные процессы, подбор и мобилизацию адаптированного ассортимента для обогащения дендрофлоры.

Обогащение дендрофлоры призвано улучшить защитные лесные насаждения. Обогащение дендрофлоры – это процесс количественного и качественного расширения ассортимента и выбора наилучшего из возможных вариантов (Semenyutina, 2018).

Анализ географической среды и экологии видов с учетом мониторинга показателей по фенологии, росту, развитию генеративных органов, характеру плодоношения, качеству семян, устойчивости к стресс-факторам находятся в функциональной зависимости друг от друга. Основное место здесь занимают показатели семенной продуктивности, вступление растений в генеративную фазу, продуктивность и качество семян. От этого зависит развитие следующего поколения (Barber, 2016; Huff, 2017; Volk, 2018; Lepší, 2019; Yao, 2019).

Наиболее важными для деградированных ландшафтов в малолесных регионах являются растения с широким экологическим ареалом произрастания (полиморфные родовые комплексы) семейства *Rosaceae*. Среди них большое количество кустарников разных классов роста (низкие, средние, высокие) и целевого назначения (лесомелиоративные, декоративные, лекарственные и др.) (Semenyutina, 2013; Jin, 2015; Ryan du Preez, 2020).

Плодоношение и семеношение древесных растений качественно и количественно связано с климатическими, эдафическими и биотическими факторами, закрепление адаптивных изменений возможно выявить при смене поколений.

Цель исследований – определить степень влияния стресс-факторов на генеративную способность представителей семейства *Rosaceae* для питомниководства и обогащения дендрофлоры.

Задачи исследований:

- мониторинг показателей географической среды и экологии видов семейства *Rosaceae* в условиях интродукции;
- анализ ареалов происхождения и элементов качества плодов и семян в разных географических пунктах;
- выявление сопряженности сроков цветения и начала роста побегов представителей *Rosaceae* в аридных условиях;
- определение перспективности для питомниководства на основе семенной продуктивности.

Материалы и методы исследования

Объекты исследований – представители семейства *Rosaceae* (родовые комплексы – *Amelanchier*, *Amygdalus*, *Aronia*, *Armeniaca*, *Chaenomeles*, *Cerasus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Gydonia*, *Malus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Spiraea* и др.), произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН: (производственный питомник, Волгоградский дендрарий; кадастр. № 34:34:000000:122; 34:34:060061:10); Западно-Сибирская АГЛОС (Кулундинский дендрарий – кадастр. № 22:23:010003:14), Нижневолжская станция по селекции древесных пород (Камышинский – кадастр. № 34:36:0000:14:0178), Поволжская АГЛОС (Поволжский – кадастр. № 63:23:0908001:0002; 63:17:0000000:0236) (рисунок 1, таблица 1).

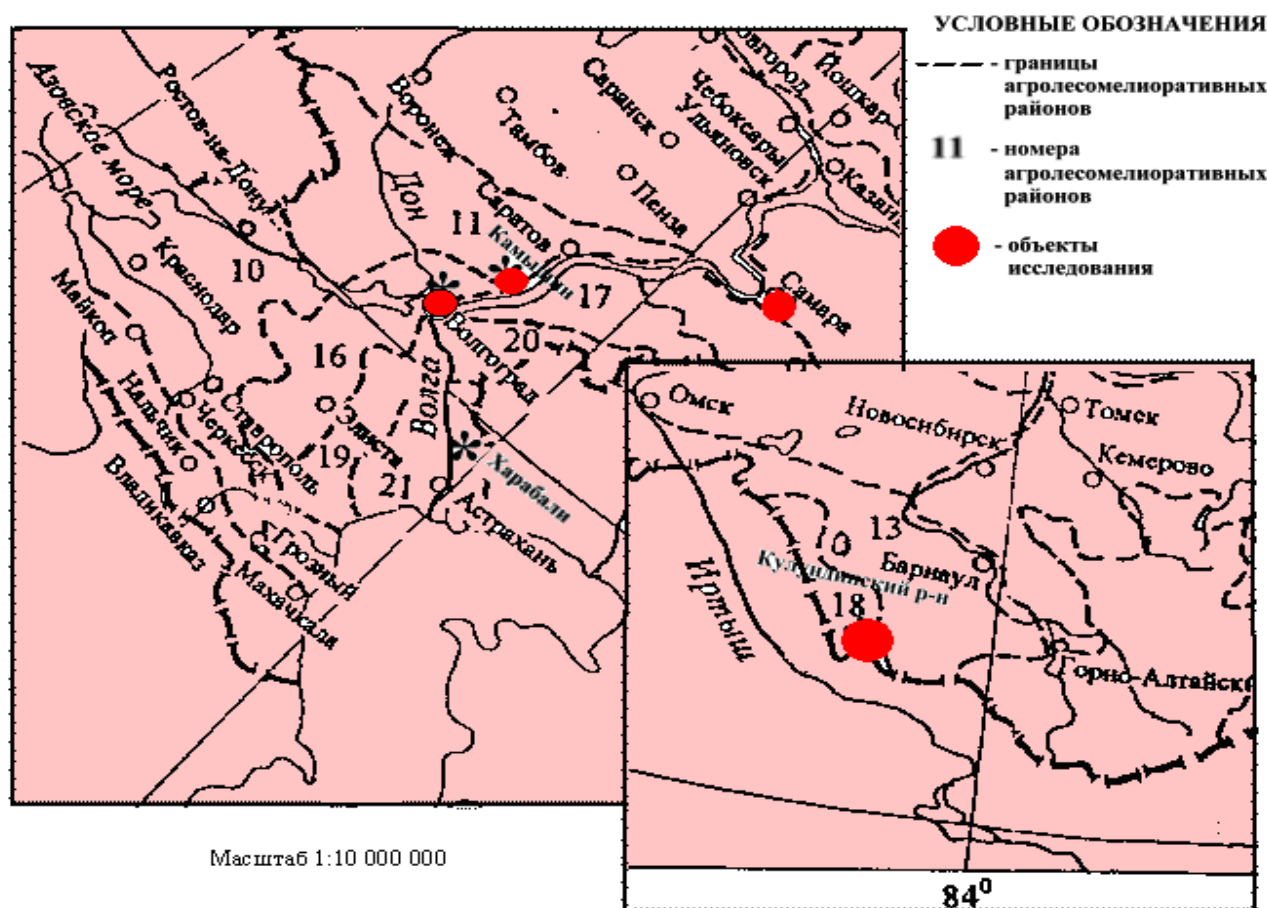


Рисунок 1. Размещение коллекций с объектами исследований

Наблюдение за поведением древесных интродуцентов оценивалось по степени роста, развития и репродукции. Методы определения устойчивости экологической пластичности (кондуктомер S230Kit, устройство Dualex Scientific) использованы в условиях действия стресс-факторов (<http://www.force-a.com...>; Cerovic, 2012).

Элементы семенной продуктивности древесных интродуцентов обосновываются экологическими параметрами и возможностью эффективного местного семеноводства с позиций засушливости региона по агроклиматическим характеристикам: сумме температур (активных) выше +10, +15°C, световому режиму, обеспеченности влагой (Kruzhilin, 2018) в период цветения и созревания семян. В качестве обобщающего показателя семенной продуктивности при сравнении данных по географическим пунктам используется генеративный индекс. Этот показатель включает как количественную сторону семеношения и размножения, так и качественную характеристику семян различных видов и форм. Жизнеспособность (доброкачественность) семян репродукции определяется методами проращивания, взрезывания.

Сравнительная оценка многолетних данных по цветению и плодоношению в различных географических пунктах проводилась с учетом географических пунктов и вегетационных периодов.

На уровне интродукционных популяций по изменчивости плодов и семян с учетом местоположения генеративных органов на растении и метеорологических условий в период вегетации определялась натуральная и топографическая неоднородность семян (на организменном уровне).

Таблица 1. Почвенно-климатическая и гидрологическая характеристика дендрариев

Дендрарии, кадастровый номер	Год посадки	Среднегодовы́е показатели					Тип почв	% гумуса	Глубина грунтовых вод, м
		Температура воздуха, °С	Максимальная, °С	Минимальная, °С	Относительная влажность воздуха, %	Осадки, мм			
Волгоградский (34:34:000000:122; 34:34:060061:10)	1962	7,6	43	- 35	41	350	Светло-каштановые среднесуглинистые	0,8-1,2	4-5
Камышинский (34:36:0000:14:0178)	1931	5,4	41	-39	40	386	Темно-каштановые супесчаные	1,5-2,5	>10
Поволжский (63:23:0908001:0002; 63:17:0000000:0236)	1950	3,7	40	-45	46	395	Обыкновенные среднесуглинистые черноземы	5-6	8-15
Кулундинский (22:23:010003:14)	1977	1,9	41	-50	50	270	Каштановые легкосуглинистые	1,4-2,5	5-6

Выявление индивидуальной изменчивости проводилась на контрольных растениях, идентичных по возрасту и высоте. Биологической статистикой определялись: среднее значение каждого признака ($\bar{X}$) и его ошибка ($M \bar{X}$), коэффициент вариации (*c.v.*, %), а также коэффициенты линейной корреляции между признаками (*R_x*).

Результаты и обсуждение

Климат характеризуется небольшим количеством годовых атмосферных осадков (270-395 мм), высокими летними (+40-43°C) и низкими зимними (-35-50°C) температурами воздуха, оттепелями зимой, малым снеговым покровом.

Для целей питомниководства и улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов изучены характеристики цветения и плодоношения хозяйственно ценных древесных растений семейства *Rosaceae*. Цветение большинства видов представителей семейства *Rosaceae* приходится на весну при температуре +15-16,5°C (рисунок 2).



Рисунок 2. Распределение представителей *Rosaceae* по средним многолетним показателям цветения (кластерные экспозиции ФНЦ агроэкологии РАН)

Получены данные сопряженности фенофаз с сезонной ритмикой климатических параметров и наиболее важных фенофаз друг с другом (таблица 2, рисунок 3).

Таблица 2. Сопряженность сроков цветения и начала роста побегов представителей *Rosaceae* в сухостепных условиях

Начало роста побегов	Сроки цветения			
	11/IV – 6/V T=10° C (2)	7/V – 26/V T=15° C (3)	27/V – 14/VI T=18° C (4)	15/VI – 31.VII T=20° C (5)
5/IV – 10/IV T=5° C (1)*			Рябина (1-4)	
11/IV – 6/V T=10° C (2)	Хеномелес Груша Ирга Слива Миндаль Афлатуния Вишня Черемуха Абрикос (2-2)	Калина Таволга Рябина Арония Айва Кизильник Яблоня Боярышник Шиповник (2-3)	Пузыре- плодник (2-4)	Рябина (2-5)
7/V – 26/V T=15° C (3)			Шиповник (3-4)	

* - группы



Crataegus almaatensis Pojark.



Crataegus monogyna Jacq.



Crataegus korolkowii L. Henry.

Рисунок 3. Цветущие побеги видов *Crataegus* (Самарская область, 15.05.2019)

По срокам цветения изученные представители делятся на раноцветущие, при температуре воздуха $T=5-10^{\circ}\text{C}$ (сроки 2-1); среднецветущие, при $T=10-15^{\circ}\text{C}$ (сроки 2-2, 2-3, 3-3) и поздноцветущие, при $T=18-20^{\circ}\text{C}$ (сроки 1-4, 2-4, 3-4, 2-5, 3-5) (рисунок 4).



a



b



B



г

Рисунок 4. Состояние фенологического развития вегетативных и генеративных органов
(а – шиповник обыкновенный (10/IV.2019), б – шиповник колючейший (10/IV.2019), в – кизильник
блестящий (18/V.2019 г.), г – шиповник обыкновенный (23/V.2019 г.)

Растения южного происхождения группируются в правой нижней части (сроки 3-3, 3-4, 3-5). Последующий анализ может выявить те структурные элементы, которые позволяют растению со столь различной потребностью тепловых ресурсов произрастать в условиях континентального климата.

У них наряду с высоким уровнем экологической пластичности к стресс-факторам по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы (1,70-2,05) отмечено интенсивное плодоношение, высокие показатели завязываемости плодов (64-91%), развитие крупных плодов и семян, хорошая доброкачественность семян (от 75 до 100%) (рисунки 5, 6).

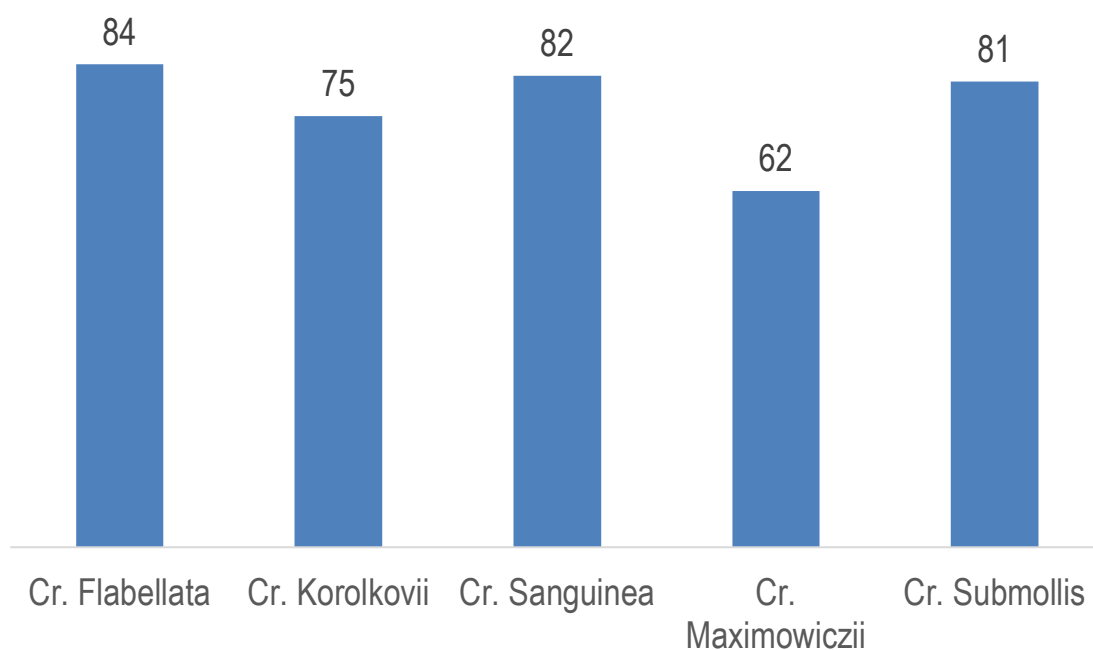


Рисунок 5. Завязываемость плодов видов *Crataegus* L. (Поволжский дендрарий)

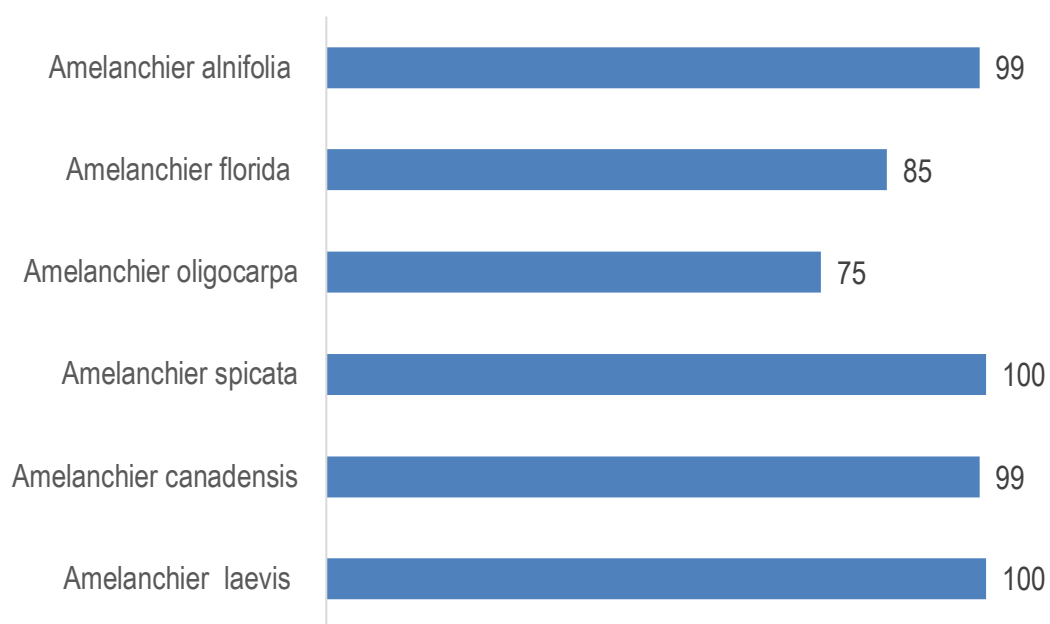


Рисунок 6. Доброкачественность семян видов *Amelanchier* (Волгоградский дендрарий)

Плодоношение и семеношение древесных растений находятся в качественной и количественной связи с климатическими, почвенно-грунтовыми и световыми условиями (таблица 3).

Таблица 3. Влияние экологических условий на семенную продуктивность

Виды	Масса 1000 шт., г				Выход семян с 1 куста, г	
	плодов		семян			
	Волгог. область	Алтайский край	Волгог. область	Алтайский край	Волгог. область	Алтайский край
Crataegus amoddiana	1300	1240	71,0	67,0	900	870
Cr. chlorosarca	410	400	30,5	27,4	1450	1720
Cr. sanguinea	520	556	51,2	47,0	2450	3010
Cr. korolkovii	690	535	49,2	39,2	3000	2520
Amelanchier spicata	510	430	5,6	4,6	930	720
A. ovales	517	450	5,3	4,2	1000	830

Наряду с этим выявлены индивидуальные различия по семеношению и качеству семян (рисунок 7).

Выявлены сроки созревания плодов и семян по фенологическим наблюдениям в различных географических пунктах, что необходимо для планирования работ по их заготовке, определению периода декоративного эффекта. Полученные материалы пригодны при создании декоративных групп, групп непрерывного цветения, реконструкции насаждений (таблица 4).

Таблица 4. Сезонное развитие видов *Amelanchier*

Вид	Массовое набухание почек	Распускание почек	Завершение облиствления	Массовое созревание плодов	Период вегетации, дни
Ирга колосистая	<u>3.04*</u> 29.03-6.04	<u>18.04</u> 6.04-29.04	<u>7.05</u> 30.04-15.05	<u>22.06</u> 13.06-2.07	<u>200</u> 196-204
	<u>12.04**</u> 10.04-20.04	<u>20.04</u> 14.04-26.04	<u>23.05</u> 15.05-30.05	<u>17.07</u> 10.07-25.07	<u>184</u> 178-190

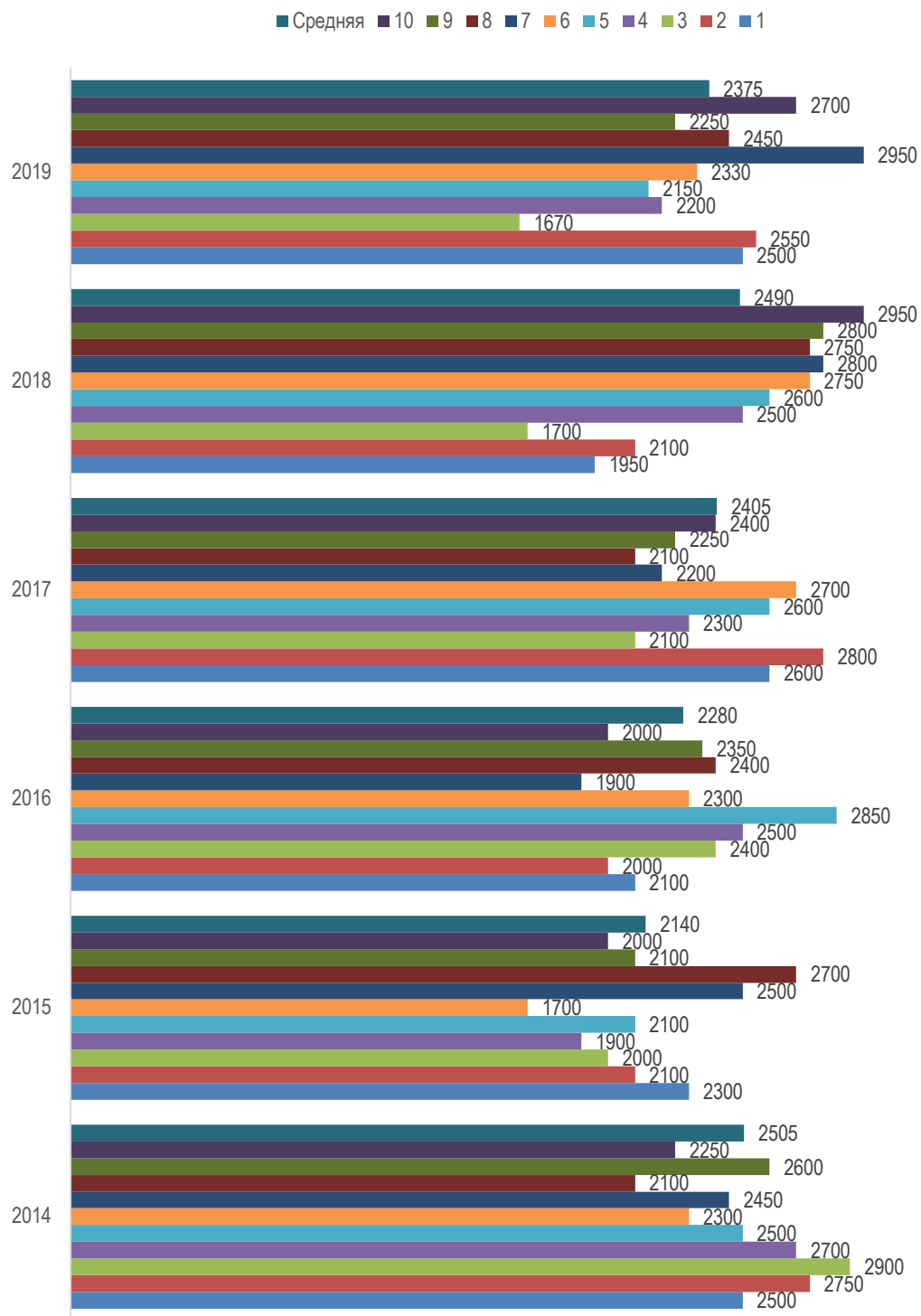
* в условиях: южной сухостепной зоны Волгоградской обл., ** Кулундинской степи (Алтайский край); в числителе – средняя, в знаменателе – крайние даты.

Основной критерий адаптации видов – качество семян. Семенное размножение зависит от качества семян. Одним из показателей качества семян является масса 1000 штук.

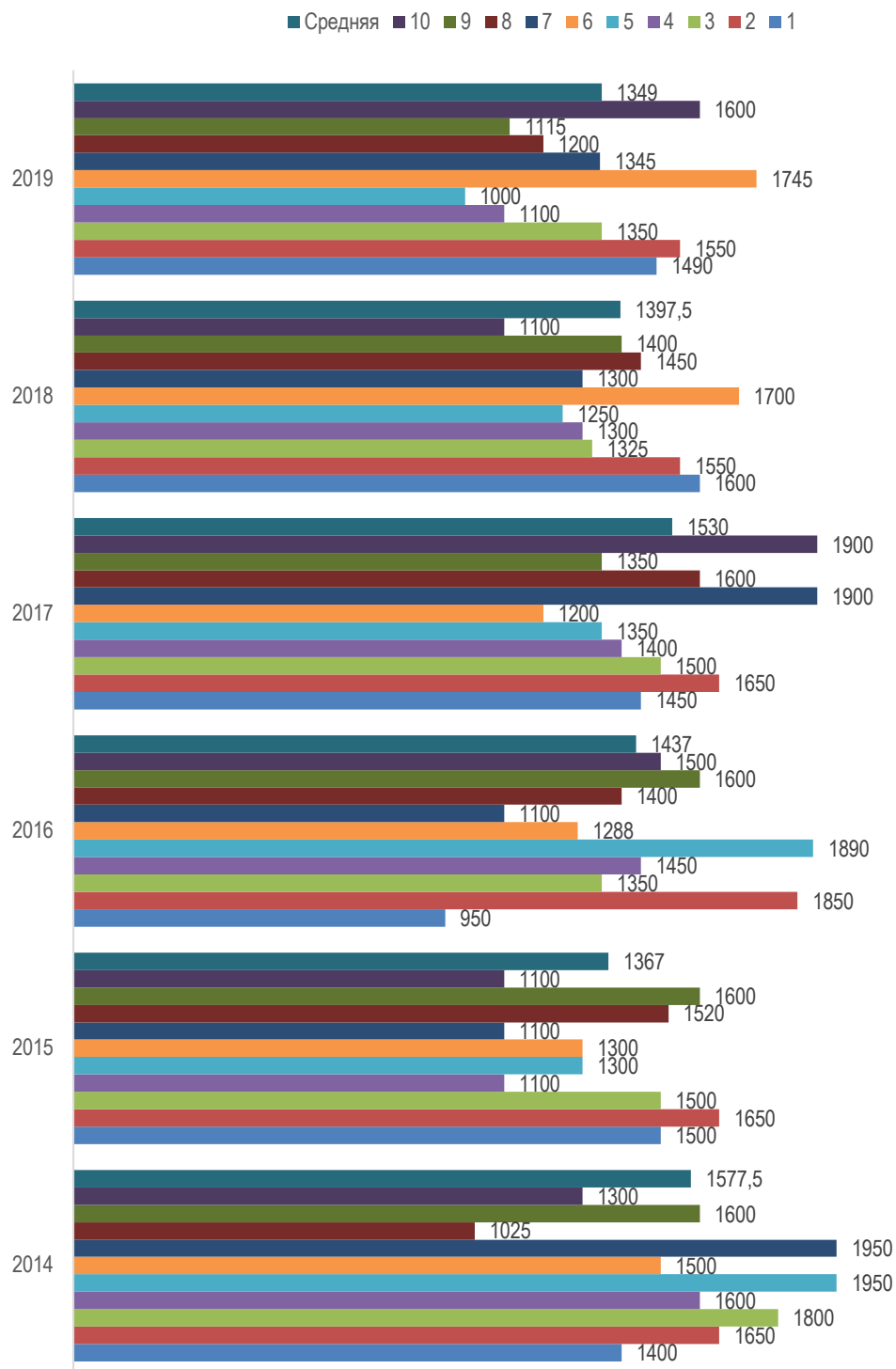
По годам у отдельных особей одного вида наблюдаются различия. Сравнительная оценка видов по массе семян в разных географических пунктах указывает на уровень адаптации особей и растений.

При изучении сложного процесса адаптивной изменчивости установлена экологическая специфика видов, связанная с ареалом их происхождения (Vásquez-Cruz, 2020). Амплитуда адаптивной изменчивости выше у видов с обширным по площади ареалом (*A. alnifolia* Nutt.). С ней граничат и частично перекрываются ареалы *A. florida* Lindl. (рисунок 8).

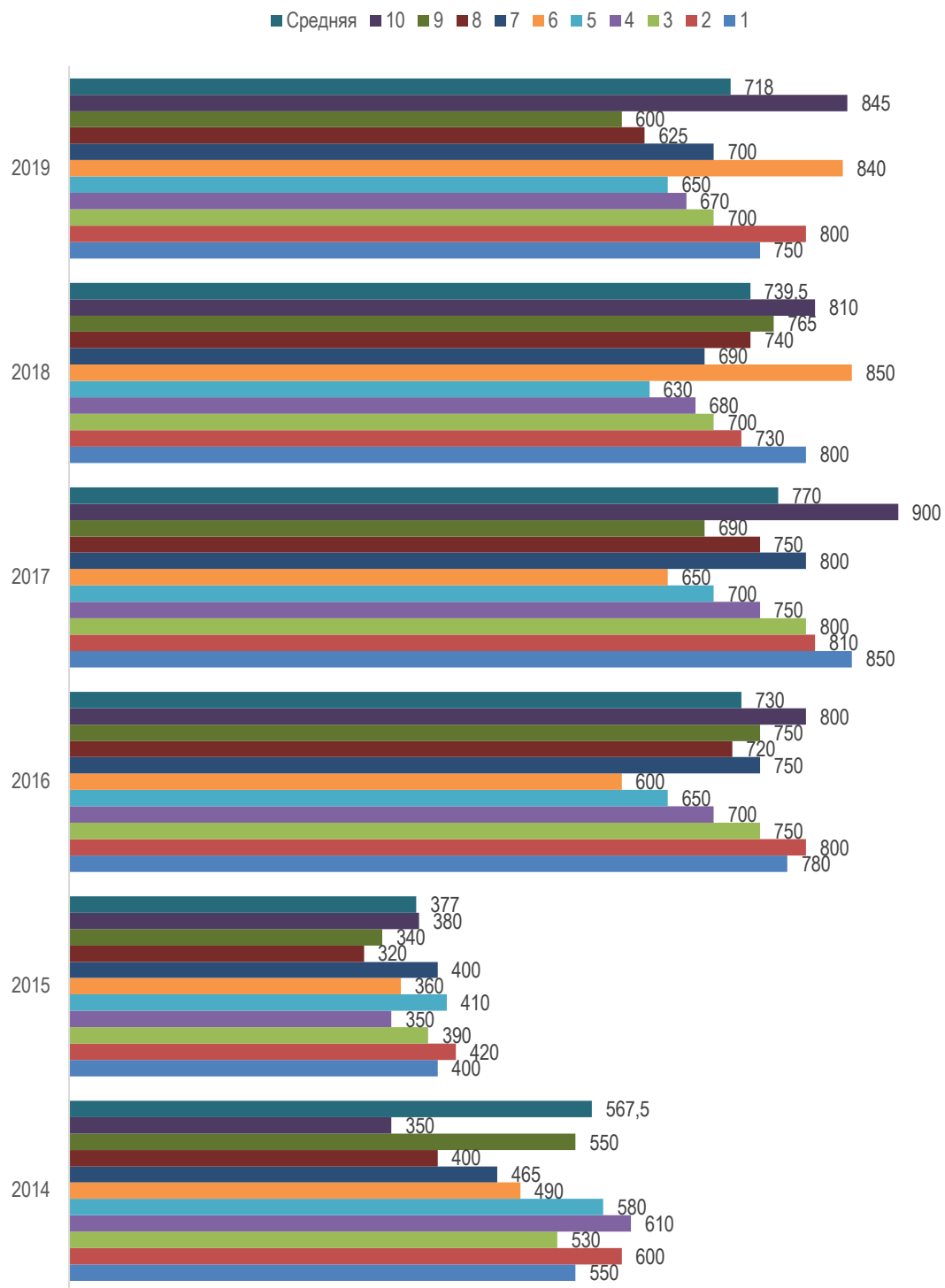
Оценка особенностей репродуктивных процессов на побегах разных порядков выявила различия по развитию цветов по ярусам кроны.



Урожай плодов отдельных особей видов рода *Amelanchier*, г (ирга колосистая)

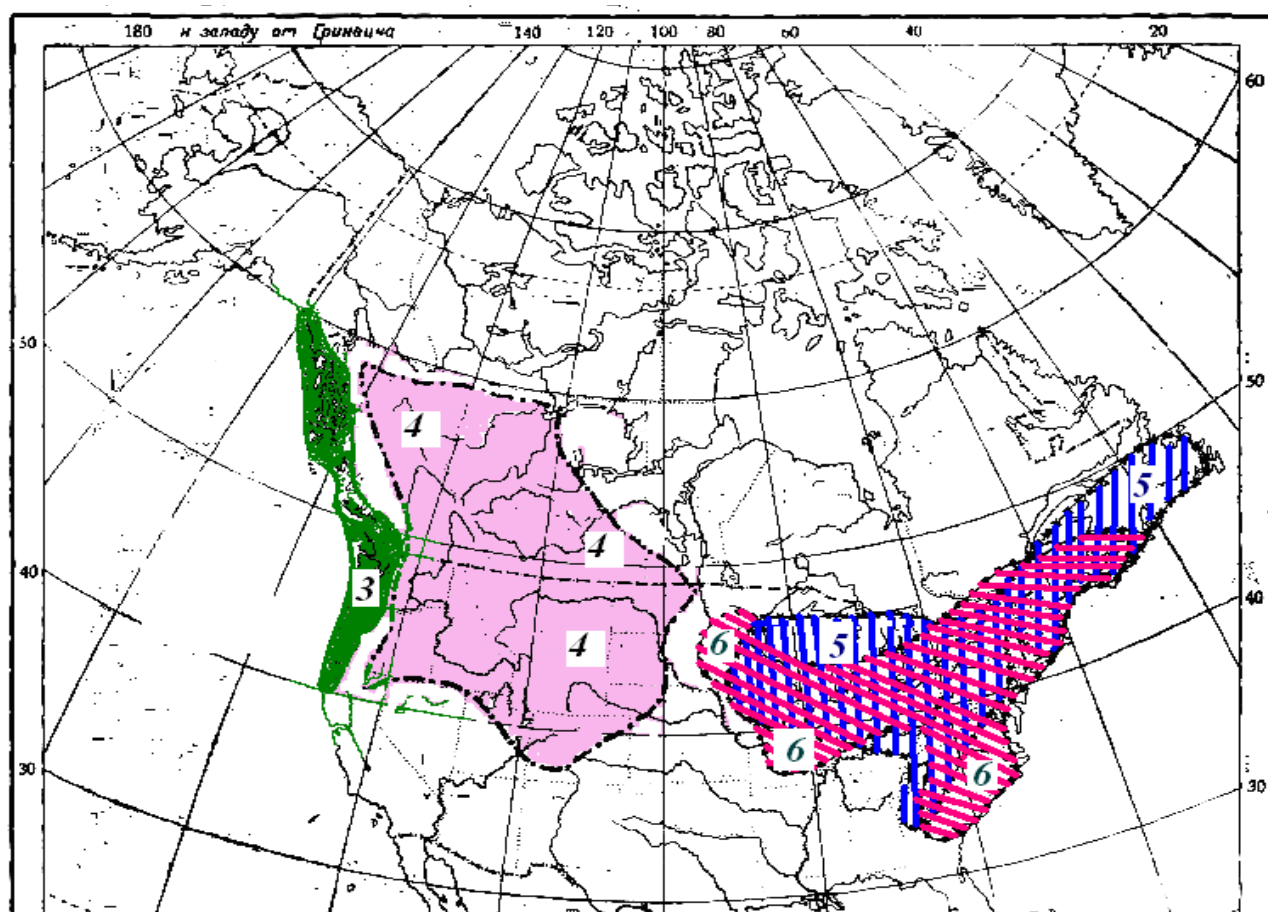
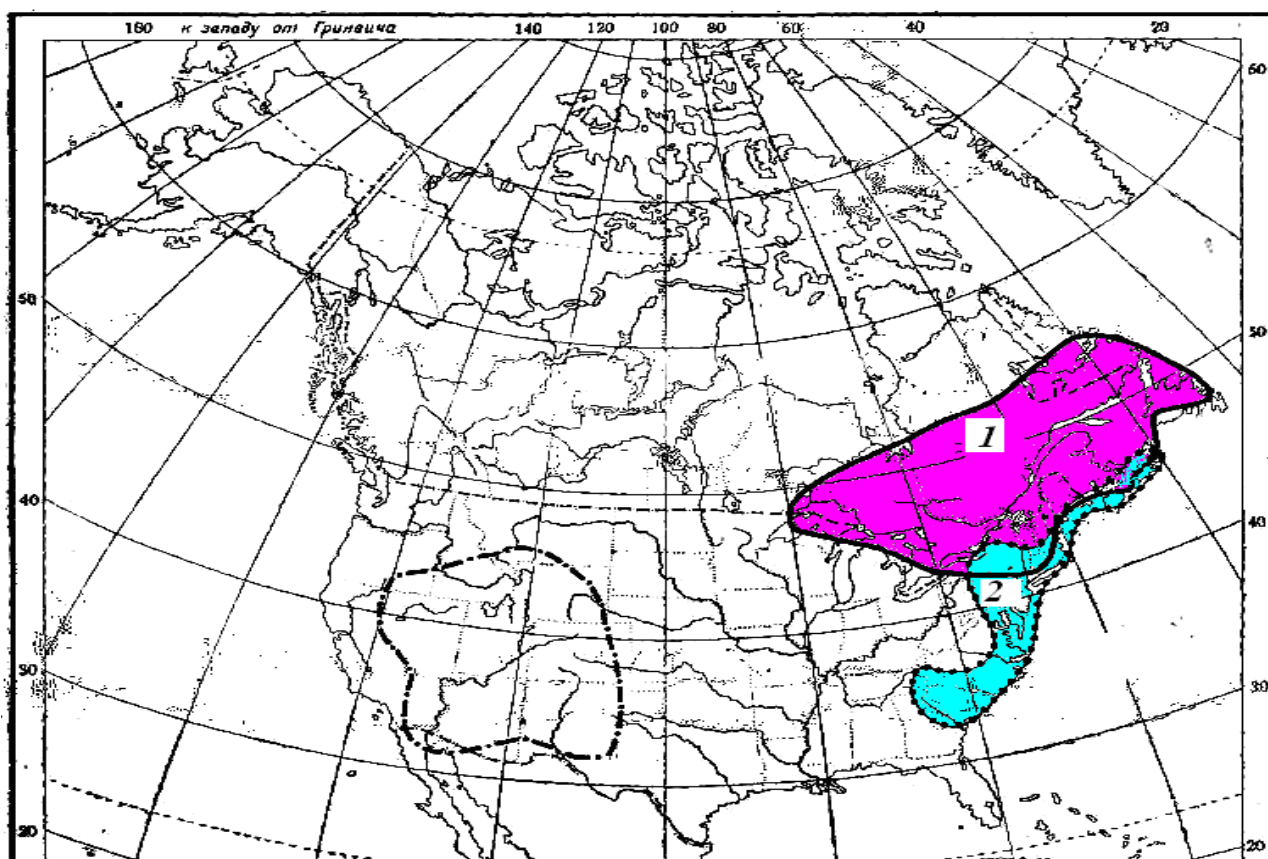


Урожай плодов отдельных особей видов рода *Amelanchier*, г (ирга канадская)



Урожай плодов отдельных особей видов рода *Amelanchier*, г (ирга гладкая)

Рисунок 7. Урожай плодов *Amelanchier* (Волгоградский дендрарий)



1 – *A. oligocarpa*, 2 – *A. canadensis* 3 – *A. florida*, 4 – *A. alnifolia*,
5 – *A. laevis*, 6 – *A. spicata*

Рисунок 8 Ареалы видов *Amelanchier*

Они отражаются на дифференциации семян по доброкачественности, что носит определенный адаптивный смысл по влиянию внешних условий на формирование семян (таблица 5).

Таблица 5. Элементы качества плодов и семян *Amelanchier* в разных географических пунктах

Виды	Масса 1000 плодов, г / масса 1000 семян, г		Процент содержания семян	
	Волгоградская обл.	Белгородская обл.	Волгоградская обл.	Белгородская обл.
<i>laevis</i>	509/6,9	710/7,0	9,6	9,71
<i>canadensis</i>	514/7,0	750/7,4	10,9	9,85
<i>spicata</i>	479/7,8	610/6,2	13,0	10,20
<i>oligocarpa</i>	305/3,5	-	9,2	-
<i>florida</i>	419/6,8	870/8,5	12,9	9,75
<i>alnifolia</i>	653/9,4	1120/10,8	11,5	9,61
<i>ovalis</i>	418/7,1	560/5,4	13,6	9,64

На изменчивость массы плодов и семян в зависимости от географических пунктов влияют абиотические факторы (различия температур, влажности воздуха, почвы), уровень адаптации и ареал видов (таблица 6).

Таблица 6. Характеристика плодов и семян *Amelanchier spicata* (среднее за 3 года)

Название вида	Масса 1000, г		Размер, мм				Выход семян, %
			плодов		семян		
	плодов	семян	длина	ширина	длина	ширина	
<i>Amelanchier spicata</i>	<u>475*</u>	<u>7.9</u>	<u>0.73</u>	<u>0.80</u>	<u>0.4</u>	<u>0.2</u>	<u>4.0</u>
	450-563	6,0-8,4	0,5-0,9	0,5-1,0	0,2-0,5	0,1-0,2	2,5-5,1
	<u>619,0**</u>	<u>3.5</u>	<u>0.9</u>	<u>0.9</u>	<u>0.4</u>	<u>0.2</u>	<u>2.0</u>
	508-712.4	2,5-4,0	0,8-0,9	0,8-0,9	0,3-0,4	0,1-0,2	1,3-2,9

* в условиях: южной сухостепной зоны Волгоградской обл., ** Кулундинской степи (Алтайский край); в числителе – среднее, в знаменателе – минимальное и максимальное значения

Неравномерность развития цветов и плодов в кроне приводит к варьированию семян по качеству. В семеноведении вопросы изучения качества семян, как на разных особях, так и в пределах одного растения с учетом различных факторов направлены на повышение эффективности семенного размножения. Выявлены изменения характеристик плодоношения древесных видов в зависимости от экспозиции (таблица 7).

Таблица 7. Показатели плодоношения частей кроны *Amelanchier laevis*

Экспозиция	Количество			Масса плодов в кисти, г	Размеры плода, см	
	соцветий на 1 пог. м, шт.	плодов в кисти, шт.	семян в 1 плоде, шт.		длина	ширина
С	40±5	<u>8*</u> 4-14	<u>8</u> 5-12	<u>2,35</u> 1,05-5,28	<u>0,73</u> 0,5-0,9	<u>0,80</u> 0,5-1,0
Ю	35±4	<u>7</u> 4-10	<u>7,5</u> 5-11	<u>2,10</u> 1,14-3,66	<u>0,76</u> 0,6-0,8	<u>0,85</u> 0,7-1,0
З	60±3	<u>5</u> 2-8	<u>6,5</u> 5-8	<u>2,22</u> 0,5-4,11	<u>0,56</u> 0,5-0,7	<u>0,74</u> 0,6-0,9
В	20±5	<u>10</u> 6-11	<u>6</u> 5-10	<u>2,64</u> 1,79-3,86	<u>1,03</u> 0,7-1,0	<u>0,87</u> 0,6-0,9
Верх	37±4	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>2,47</u>	<u>0,84</u>	<u>0,74</u>

кроны		3-11	5-10	0,7-4,13	0,7-1,0	0,5-1,0
-------	--	------	------	----------	---------	---------

** в числителе – среднее значение, в знаменателе – минимальное и максимальное значения

Определены лимитирующие факторы в условиях южной сухостепной зоны Волгоградской области – высокие летние (до +41-43°C) и низкие зимние (–35-50°C) температуры при падении влажности воздуха (до 25%) и почвы (общий запас влаги в корнеобитаемом слое 150 мм) для выявления адаптивных изменений в ритмике развития у представителей родового комплекса *Amelanchier* (почвы каштанового типа, с содержанием гумуса в верхнем горизонте до 2,8%).

В селекционной работе по совершенствованию хозяйственно ценных качеств *Amelanchier* следует проводить отбор по многим направлениям (рисунок 9).



Рисунок 9. Направления селекции *Amelanchier*

Для питомниководства с целью введения растений в овражно-балочные мелиоративные насаждения и зеленый пояс населенных пунктов Поволжья рекомендуются эвритопы: *Crataegus топогуна* и изученные виды секции *Molles* (рисунок 10).

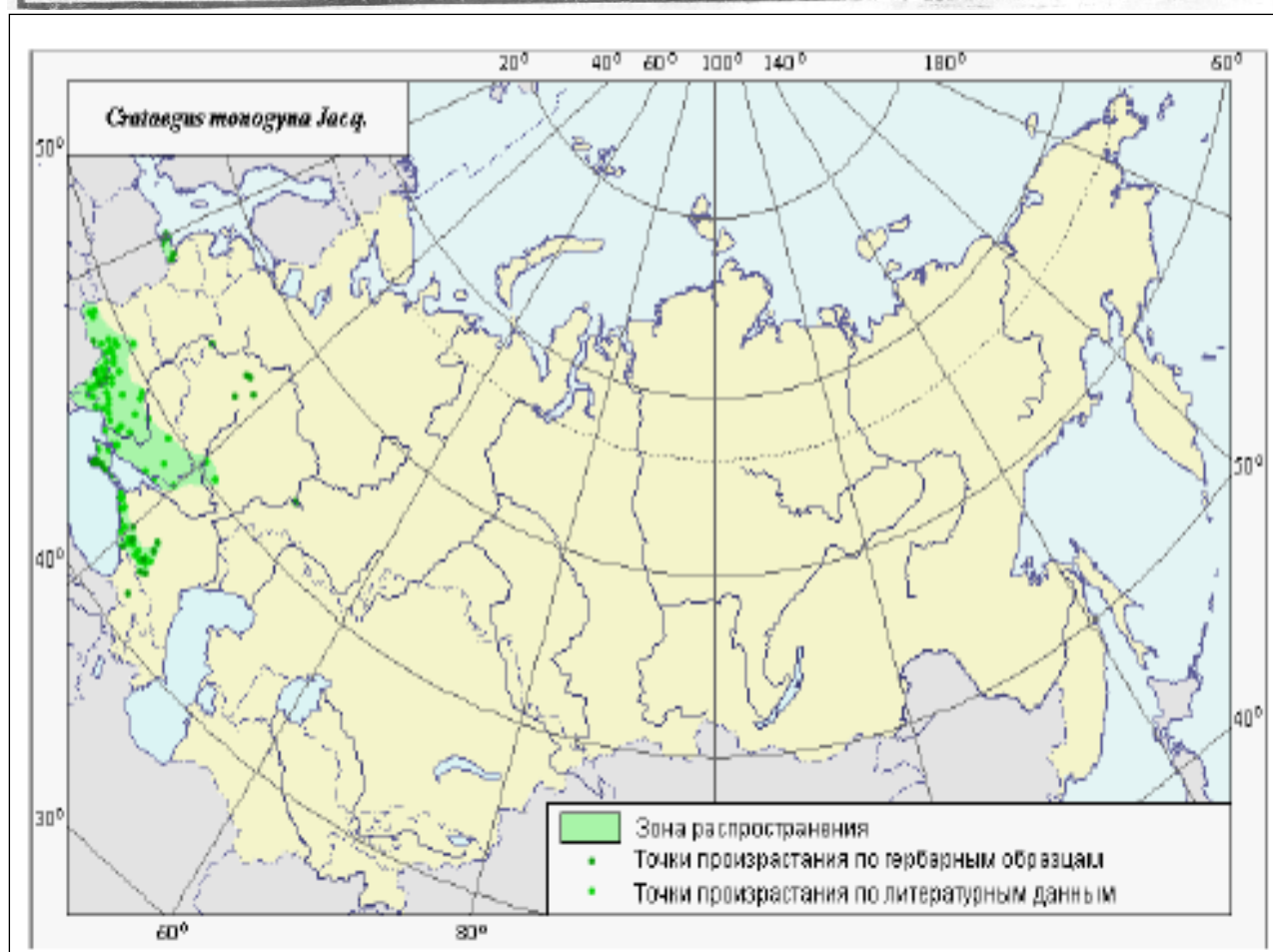
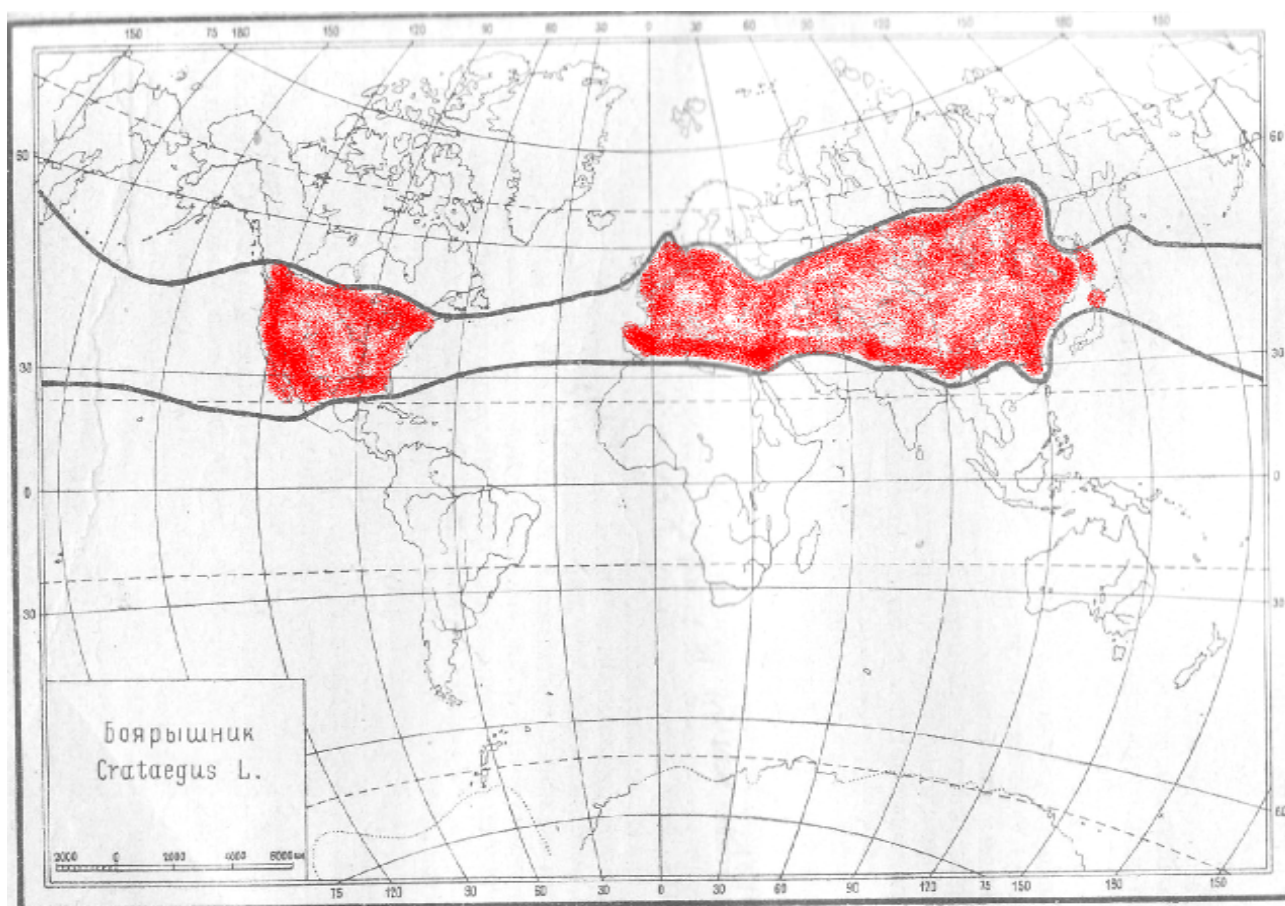


Рисунок 10. Ареал рода *Crataegus* L.

Интродуцированные виды боярышника в условиях сухой степи (коллекционные экспозиции ФНЦ агроэкологии РАН) вступили в генеративную фазу в возрасте 5-6 лет. Первое обильное плодоношение отмечено в 7 лет. Боярышники плодоносят ежегодно, однако урожай плодов колеблется по годам и определяется погодными условиями. На снижение урожая влияют погодные условия в предшествующий цветению год и сухость воздуха и почвы в период формирования плодов.

В засушливых условиях (34:34:000000:122, 34:34:060061:10) у интродуцентов увеличивается энергия цветения и плодоношения за счет увеличения завязываемости плодов и формирования крупных плодов и семян. Доброкачественность семян зависит от видовой принадлежности (рисунок 11).

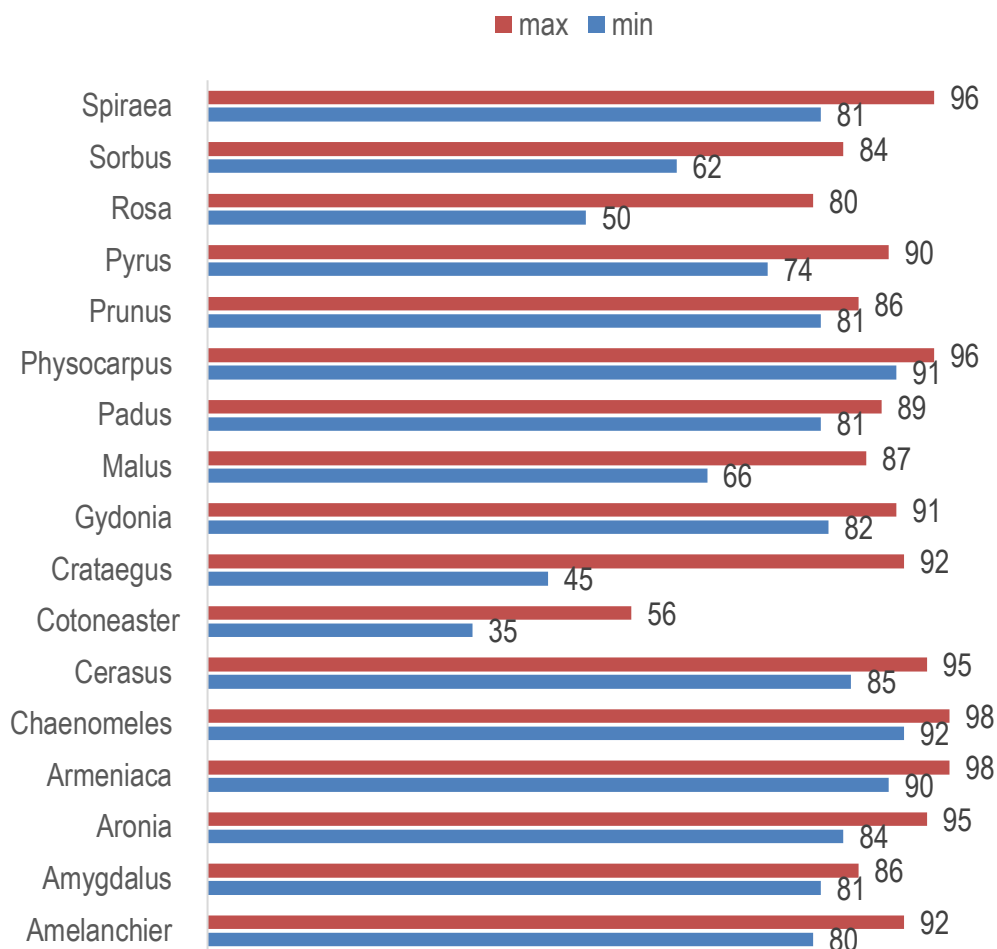


Рисунок 11. Варьирование показателей жизнеспособности (доброкачественность) семян у представителей родовых комплексов семейства *Rosaceae* в сухостепных условиях (возраст 20-25 лет)

Представители семейства *Rosaceae* в Нижнем Поволжье в основном продуцируют семена высоких качеств (рисунок 12).

Чем выше уровень адаптации растений, тем лучше их семенная продуктивность и возможности использования в питомниководстве. Выявление пределов толерантности видов к стресс-факторам позволяет отдать предпочтение полиморфным родовым комплексам, богатым в видовом отношении и обширных по ареалу.

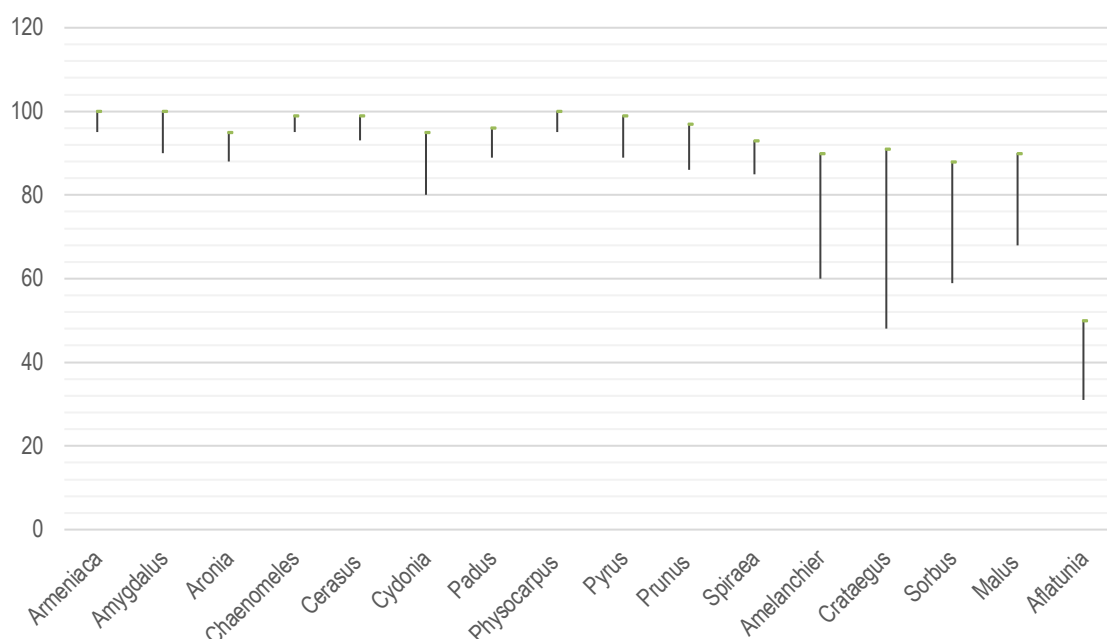


Рисунок 12. Жизнеспособность семян представителей семейства *Rosaceae*

Из методов, применяющихся для ускорения прорастания семян, наиболее эффективен в аридных условиях метод посева недозрелыми семенами (Semenyutina, 2013).

Обоснована перспективность использования новых знаний по анализу и оценке влияния стресс-факторов на репродуктивную способность. Выявлены качественно новые закономерности исследуемых явлений по адаптации и пределам толерантности по изменчивости параметров у представителей семейства *Rosaceae*.

Заключение

При изучении плодоношения в различных географических условиях возраст растений также влияет на урожай плодов и дает представление о закономерностях характера генеративного развития. Действие лимитирующих факторов среды на цветение зависит от фенологической фазы генеративных органов. Многолетние исследования позволяют выявить периодичность плодоношения, аномалии и определить влияние метеоусловий на формирование и развитие генеративных органов.

Теоретической основой успешного развития семеноводства древесных растений является селекционное семеноведение, которое базируется на критериях отбора адаптивного ассортимента в системе «генотип-среда», изучении репродуктивных особенностей выделенных для целевого использования собственных биоресурсов с учетом возможности их всестороннего исследования и оценки хозяйственной пригодности.

Теоретически обоснована перспективность использования новых знаний и идей по анализу и оценке биологического разнообразия древесных видов. На основе системы используемых методов и критериев, выявлены качественно новые закономерности исследуемых явлений по адаптации и толерантности к стресс-факторам, изменчивости параметров.

На основании анализа климатических характеристик, играющих определяющую роль в успешности акклиматизации, выявлено, что виды с широким естественным ареалом наиболее перспективны для введения в насаждения сухостепных районов как растения многоцелевого назначения.

Агроклиматический анализ районов введения растений в культуру установил, что чем больше сходство климата, тем успешнее происходит адаптация в новых условиях.

В кластерных коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (дендрарии: Камышинский, Кулундинский, Волгоградский, Поволжский) изучены экологические основы семеноведения с характеристикой цветения и плодоношения адаптированных хозяйственно ценных интродуцентов.

Семена высоких качеств продуцируют представители *Cydonia* (80...95), *Spiraea* (85...93), *Prunus* (86...97), *Aronia* (88...95), *Padus* (89...96), *Pyrus* (89...99), *Amygdalus* (90...100), *Cerasus* (93...99), *Chaenomeles* (95...99), *Physocarpus* (95...100), *Armeniaca* (99...100). Разнообразием качества семян характеризуются следующие виды родов этого семейства: *Crataegus* (48...91), *Sorbus* (59...88), *Amelanchier* (60...90), *Malus* (68...90), у *Aflutunia ulmifolia* (31...50).

На основе анализа климатических характеристик, играющих определяющую роль в успешности интродукции, отмечено, что представители семейства *Rosaceae* с широким экологическим ареалом, произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН, включают виды многоцелевого назначения (лесомелиоративные, декоративные, лекарственные, пищевые и др.).

Список литературы

1. Barber, Q. E., Bader, C. W., Braid, A. C. R., Coops, N. C., Tompalski, P., & Nielsen, S. E. (2016). Airborne laser scanning for modelling understory shrub abundance and productivity. *Forest Ecology and Management*, 377, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.037>
2. Belitskaya, M. N., Gribust, I. R., Belyaev, A. I., Nefed'eva, E. E., & Zheltobryukhov, V. F. (2019). Peculiarities in the Organization of the Population of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) in the Gradient of Urbanization. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 224, 12022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012022>
3. Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghazlen, N. B., & Latouche, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, 146(3), 251–260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
4. Chindyaeva, L. N., Belanova, A. P., & Kiseleva, T. I. (2018). Patterns of Natural Regeneration of Alien Species of Woody Plants in Novosibirsk. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9(3), 273–285. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030025>
5. Dolgih, A. A. (2018). Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation. *World Ecology Journal*, 8(1), 29–42. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.1.1.003>
6. du Preez, R., Wanyonyi, S., Mouatt, P., Panchal, S. K., & Brown, L. (2020). Saskatoon berry *amelanchier alnifolia* regulates glucose metabolism and improves cardiovascular and liver signs of diet-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/nu12040931>
7. Huff, S., Ritchie, M., & Temesgen, H. (2017). Allometric equations for estimating aboveground biomass for common shrubs in northeastern California. *Forest Ecology and Management*, 398, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.027>
8. Jin, A. L., Ozga, J. A., Kennedy, J. A., Koerner-Smith, J. L., Botar, G., & Reinecke, D. M. (2015). Developmental profile of anthocyanin, flavonol, and proanthocyanidin type, content, and localization in saskatoon fruits (*amelanchier alnifolia* nutt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1601–1614. <https://doi.org/10.1021/jf504722x>
9. Kebbas, S., Benseddik, T., Makhoulfi, H., & Aid, F. (2018). Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 585–592. <https://doi.org/10.15835/nbha46211064>
10. Konijnendijk, C. C. (2008). *The forest and the city: The cultural landscape of urban woodland. The Forest and the City: The Cultural Landscape of Urban Woodland*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8371-6>
11. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
12. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., & Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 115). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/115/1/012009>

13. Lepší, M., Koutecký, P., Nosková, J., Lepší, P., Urfus, T., & Rich, T. C. G. (2019). Versatility of reproductive modes and ploidy level interactions in *Sorbus* s.l. (Malinae, Rosaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 191(4), 502–522. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz054>
14. Melikhov, V. V., Novikov, A. A., Medvedeva, L. N., & Komarova, O. P. (2017). Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy. *Contributions to Economics*, (9783319454610), 365–382. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45462-7_37
15. Semenyutina A.V., Kostyukov S.M. (2013). Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes. Montreal, Accent Graphics Communications. 164p.
16. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
17. Stoochnoff, J. A., Graham, T., & Dixon, M. A. (2018). Drip irrigation scheduling for container grown trees based on plant water status. *Irrigation Science*, 36(3), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0575-y>
18. Vásquez-Cruz, M., & Sosa, V. (2020). Assembly and origin of the flora of the Chihuahuan Desert: The case of sclerophyllous Rosaceae. *Journal of Biogeography*, 47(2), 445–459. <https://doi.org/10.1111/jbi.13745>
19. Volk, G., Samarina, L., Kulyan, R., Gorshkov, V., Malyarovskaya, V., Ryndin, A., ... Stover, E. (2018). Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(2), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0543-z>
20. Yao, L., Zhang, Y., Zhang, K., & Tao, J. (2019). Reproductive and pollination biology of sorbus alnifolia, an ornamental species. *Pakistan Journal of Botany*, 51(5), 1797–1802. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-5\(21\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-5(21))
21. <http://www.force-a.com/capteurs-optiques-optical-sensors/dualex-scientific-chlorophyll-meter/>

Reproductive capacity of the dendrological resources of the Rosaceae family and their prospects for nursery management and forest flora enrichment



Alexandra V. Semenyutina

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
vnialmi@yandex.ru
0000-0003-3250-6877



Aliya Sh. Huzhahmetova

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
aliyasham@mail.ru
0000-0001-5127-8844



Victoria A. Semenyutina

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
Vsem89@mail.ru
0000-0002-7345-2740



Daria V. Sapronova

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
Sapronova.darya@mail.ru
0000-0002-3559-3745

Received
2.19.2019

Accepted
29.12.2019

Published
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.4

Abstract

Scientific research on the impact of stress factors on the reproductive ability of economically important woody plants is relevant for arid regions of the Russian Federation in connection with activities under the national projects "Science" and "Ecology". Mechanisms of adaptation of biological systems to the impact of stress factors are determined by the limits of plant resistance and reveal the nature of their integrity and preservation.

The objects of research are representatives of the *Rosaceae* family (*Amelanchier*, *Amygdalus*, *Aronia*, *Armeniaca*, *Chaenomeles*, *Cerasus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Gydonia*, *Malus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Spiraea*, etc.) growing in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd and Samara Regions, Altai Territory), including multi-purpose species (forest-reclamation, decorative, medicinal, food, etc.).

The climate is characterized by a small amount of annual precipitation (270-395 mm), high summer precipitation (+40-43 °C), and low winter (-35-50°C) air temperatures, thawing in winter, low snow cover.

Observation of the behavior of introduced trees was evaluated by the degree of growth, development, and reproduction. Methods for determining tolerance limits under stress factors based on an s230kit conductometer and a Dualex Scientific device were used.

The effect of environmental factors on the flowering, fruiting, and seed production of the studied representatives of generic systems in the *Rosaceae* family was determined according to guidelines developed by the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences.

In the cluster collections of the Federal Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (arboretums: Volgograd, Kamyshin, the Volga Region, Kulunda), 33.2 percent of woody species with the generative index 0.65-0.79 were allocated. This group includes plants with a wide ecological range of growth (polymorphic generic complexes). Along with a high level of environmental plasticity to stress factors, the colloid-osmotic properties of protoplasm (1.70-2.05) showed intensive fruiting, high fruit set rates (64-91%), development of large fruits and seeds, and good seed quality.

Seeds of high quality are produced by representatives of *Cydonia* (80 ... 95), *Spiraea* (85...93), *Prunus* (86...97), *Aronia* (88...95), *Padus* (89...96), *Pyrus* (89...99), *Amygdalus* (90...100), *Cerasus* (93...99), *Chaenomeles* (95...99), *Physocarpus* (95...100), and *Armeniaca* (99...100). The following species of genera of this family are characterized by a variety of seed quality: *Crataegus* (48 ... 91), *Sorbus* (59...88), *Amelanchier* (60...90), *Malus* (68...90), and *Aflatus ulmifolia* (31...50).

The ecological specificity of the species, associated with the range of their origin and with a complex process of adaptive variability, was established. Bioecological parameters of seed production and generative capacity of trees and shrubs for their effective continuous use in nursery and forest reclamation were identified.

As a result of research, a theoretical basis for seed science has been developed, which is based on obtaining an adaptive generation of plants. New knowledge has been obtained on the limits of ecological tolerance of tree species to stress factors.

Polymorphic generic complexes of shrubs are recommended for the formation of sustainable forest-reclamation complexes and improvement of bioresources of degraded landscapes. Based on the analysis of climatic characteristics that play a decisive role in the success of introduction, species with a wide ecological range, as multi-purpose plants, are promising for plantings in arid regions.

Keywords

reproductive capacity, adaptation, drought, stress factors, dendrological resources, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, flowering, fruiting, biodiversity, shrubs, *Rosaceae*, mobilization, nursery management, degraded landscapes

The research was carried out within the framework of state task No. 0713-2019-0004 "To Develop scientific bases and methods for preserving the biodiversity of tree species in order to select an adapted gene pool of economically valuable plants for the formation of protective forest stands for various purposes in the steppe and semi-desert" (state registration no. AAAA-A16-116032950058-8) financing of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation

Reference

1. Barber, Q. E., Bater, C. W., Braid, A. C. R., Coops, N. C., Tompalski, P., & Nielsen, S. E. (2016). Airborne laser scanning for modelling understory shrub abundance and productivity. *Forest Ecology and Management*, 377, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.037>
2. Belitskaya, M. N., Gribust, I. R., Belyaev, A. I., Nefed'eva, E. E., & Zheltobryukhov, V. F. (2019). Peculiarities in the Organization of the Population of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) in the Gradient of Urbanization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 224, 12022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012022>
3. Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghazlen, N. B., & Latouche, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, 146(3), 251–260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
4. Chindyaeva, L. N., Belanova, A. P., & Kiseleva, T. I. (2018). Patterns of Natural Regeneration of Alien Species of Woody Plants in Novosibirsk. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9(3), 273–285. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030025>
5. Dolgih, A. A. (2018). Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation. *World Ecology Journal*, 8(1), 29–42. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.1.1.003>
6. du Preez, R., Wanyonyi, S., Mouatt, P., Panchal, S. K., & Brown, L. (2020). Saskatoon berry *amelanchier alnifolia* regulates glucose metabolism and improves cardiovascular and liver signs of diet-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/nu12040931>
7. Huff, S., Ritchie, M., & Temesgen, H. (2017). Allometric equations for estimating aboveground biomass for common shrubs in northeastern California. *Forest Ecology and Management*, 398, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.027>
8. Jin, A. L., Ozga, J. A., Kennedy, J. A., Koerner-Smith, J. L., Botar, G., & Reinecke, D. M. (2015). Developmental profile of anthocyanin, flavonol, and proanthocyanidin type, content, and localization in saskatoon fruits (*amelanchier alnifolia* nutt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1601–1614. <https://doi.org/10.1021/jf504722x>
9. Kebbas, S., Benseddik, T., Makhoulfi, H., & Aid, F. (2018). Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 585–592. <https://doi.org/10.15835/nbha46211064>
10. Konijnendijk, C. C. (2008). *The forest and the city: The cultural landscape of urban woodland. The Forest and the City: The Cultural Landscape of Urban Woodland*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8371-6>
11. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
12. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., & Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 115). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/115/1/012009>
13. Lepší, M., Koutecký, P., Nosková, J., Lepší, P., Urfus, T., & Rich, T. C. G. (2019). Versatility of reproductive modes and ploidy level interactions in *Sorbus* s.l. (Malinae, Rosaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 191(4), 502–522. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz054>
14. Melikhov, V. V., Novikov, A. A., Medvedeva, L. N., & Komarova, O. P. (2017). Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy. *Contributions to Economics*, (9783319454610), 365–382. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45462-7_37
15. Semenyutina A.V., Kostyukov S.M. (2013). Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes. Montreal, Accent Graphics Communications. 164p.
16. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.

17. Stoochnoff, J. A., Graham, T., & Dixon, M. A. (2018). Drip irrigation scheduling for container grown trees based on plant water status. *Irrigation Science*, 36(3), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0575-y>
18. Vásquez-Cruz, M., & Sosa, V. (2020). Assembly and origin of the flora of the Chihuahuan Desert: The case of sclerophyllous Rosaceae. *Journal of Biogeography*, 47(2), 445–459. <https://doi.org/10.1111/jbi.13745>
19. Volk, G., Samarina, L., Kulyan, R., Gorshkov, V., Malyarovskaya, V., Ryndin, A., ... Stover, E. (2018). Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(2), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0543-z>
20. Yao, L., Zhang, Y., Zhang, K., & Tao, J. (2019). Reproductive and pollination biology of sorbus alnifolia, an ornamental species. *Pakistan Journal of Botany*, 51(5), 1797–1802. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-5\(21\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-5(21))
21. <http://www.force-a.com/capteurs-optiques-optical-sensors/dualex-scientific-chlorophyll-meter/>

Оценка древесных растений *juniperus* l. для озеленения урбанизированных территорий малолесных регионов



Александра Викторовна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
0000-0003-3250-6877



Максим Вячеславович Цой
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
3930788@mail.ru
0000-0003-2139-7919



Николай Алексеевич Бугреев
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
thek1llar@mail.ru
0000-0002-7168-488X

Поступила в редакцию
19.08.2019

Принята
30.10.2019

Опубликована
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.5

Аннотация

Мониторинговые исследования за растительными объектами позволяют получить массив данных по особенностям роста, фенологии, развитию генеративных органов, характеру плодоношения, качеству семян, устойчивости к стресс-факторам, т.е. по показателям, которые находятся в функциональной зависимости между собой и позволяют судить о степени экологической пластичности растений. Для обоснования перспективности видов рода *Juniperus*, дальнейшего прогнозирования уровня адаптивности видов за пределами естественного ареала необходима достоверная и актуальная информация об успешности адаптации интродуцентов в условиях урбанизированных территорий малолесных регионов.

Цель исследований – обоснование перспективности использования видов рода *Juniperus* на основе изучения их биологического потенциала в условиях интродукции.

Объектами исследований являлись виды рода *Juniperus*: *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. и их формы, интродуцированные в дендрологических коллекциях Волгоградской области: ФНЦ агроэкологии РАН, кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10 и Нижневолжской станции по селекции древесных пород, № 34:36:0000:14:0178.

Обследование проводилось маршрутным методом. Изучение сезонных ритмов развития интродуцентов проводилось методом фенологических наблюдений. Характеристика декоративности, роста и развития трех видов *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) в условиях каштановых почв Волгоградской области, оценка репродуктивной способности, особенности размножения различных видов в культуре выявлялись по методикам ФНЦ агроэкологии РАН. Для определения характера плодоношения объектов исследования использовался метод определения массы 1000 семян, взвешивание проводили на весах марки «MASSA-K». Для математической обработки данных использовали стандартные алгоритмы: средняя арифметическая с абсолютной и относительной ошибками; коэффициент вариации для оценки особенностей репродуктивных процессов; достоверность различий между отдельными показателями.

Приведена характеристика декоративности, роста и развития трех видов *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) в условиях каштановых почв Волгоградской области. Дана оценка репродуктивной способности, выявлены особенности размножения различных видов в культуре.

По комплексу изученных количественных показателей семенного материала установлено, что семена можжевельника виргинского (*Juniperus virginiana* L.) (10 г) меньше по массе семян обыкновенного практически в полтора раза; масса семян можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.) (24 г) больше по массе семян обыкновенного в полтора раза и почти в два с половиной раза больше можжевельника виргинского в сравнении с нормативными данными по можжевельнику обыкновенному (масса 1000 шт. которых составила 16 г).

Изучение характера плодоношения можжевельника виргинского (*J. virginiana*) показало, что в 10,0 граммах шишкоягод содержится в среднем 156 ягод и 270 шт семян, выход чистых семян – 15,84 % от массы плодов. В 10,0 граммах шишкоягод можжевельника казацкого (*J. sabina*) содержится в среднем 86 ягод и 170 шт семян, выход чистых семян – 20,09 % от массы плодов.

Установлено, что для озеленения урбанизированных территорий Волгоградской области *Juniperus virginiana* рекомендуется использовать в аллейных насаждениях, в чистых группах и в качестве второго яруса в насаждениях *Betula*, *Robinia*, *Pseudotsuga*, *Larix*.

Juniperus sabina наиболее ценен для декорирования и укрепления склонов. В садах и парках общего пользования его применение ограничивается, а при озеленении детских учреждений исключается (хвоя и плоды ядовиты).

В Волгоградской области *Juniperus communis* и его формы могут быть использованы на бедных песчаных почвах в групповых посадках, на опушках и в формованных живых изгородях. Пирамидальные формы пригодны на партерах, карликовые – для оформления каменистых участков. Форма с золотистой окраской в небольших группах на газоне.

Ключевые слова

древесные растения, *Juniperus*, можжевельник, биоразнообразие, адаптация, озеленение, интродукция, семена, шишкоягоды

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0004 «Разработать научные основы и методы сохранения биоразнообразия древесных видов с целью отбора адаптированного генофонда хозяйственно ценных растений для формирования защитных лесных насаждений различного целевого назначения в степи и полупустыне» (№ госрегистрации АААА-А16-116032950058-8) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Введение

Можжевельники – *Juniperus* L. – мелкие, или сравнительно крупные вечнозелёные деревья, или кустарники с сильным ветвлением, имеют особый интерес для озеленения урбанизированных территорий. Они являются светолюбивыми, засухоустойчивыми и нетребовательными к почвенным условиям (Arzac, 2016).

Виды рода *Juniperus* L. отличаются высокими декоративными свойствами, а также оздоравливают городскую среду (Plesa, 2011; Severoglu, 2015). Неприхотливы и устойчивы к неблагоприятным погодным условиям. Из 70 видов можжевельника, произрастающих в умеренном поясе северного полушария (Arzac, 2008; Riddle, 2014; Farukshina, 2016; Vilcinskas, 2016; Hantemirova, 2017) и в меньшей степени в горных участках тропической части Центральной Америки, Куба, Гаити, Гваделупа и Восточной Африки, в Европе произрастает около 20 видов. В естественных условиях Волгоградской области встречается можжевельник казацкий – *J. sabina* L., который занесен в Красную книгу Ростовской и Волгоградской области. В Волгоградской области ареал этого вида фрагментарный по правобережью р. Иловли и Среднего Дона, а также в пределах Арчединско-Донского песчаного массива.

Цель исследований – обоснование перспективности использования видов рода *Juniperus* на основе изучения их биологического потенциала в условиях интродукции.

В задачу исследований входило изучение роста, развития, отношения к факторам среды, цветения, плодоношения, а также оценка декоративных достоинств для целей озеленения различных видов и форм *Juniperus*.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись виды рода *Juniperus*: *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. и их формы, интродуцированные в дендрологических коллекциях Волгоградской области: ФНЦ агроэкологии РАН, кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10 и Нижневолжской станции по селекции древесных пород, № 34:36:0000:14:0178.

Обследование проводилось маршрутным методом. Изучение сезонных ритмов развития интродуцентов проводилось методом фенологических наблюдений. Средняя годовая температура в период исследований – 8,3 °С и 380 мм - среднегодовое количество осадков.

Характеристика декоративности, роста и развития трех видов *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) в условиях каштановых почв Волгоградской области, оценка репродуктивной способности, особенности размножения различных видов в культуре выявлялись по методикам ФНЦ агроэкологии РАН (Semenyutina, 2018).

Для определения характера плодоношения объектов исследования использовался метод определения массы 1000 семян, взвешивание проводили на весах марки «MASSA-K». Для математической обработки данных использовали стандартные алгоритмы: средняя арифметическая с абсолютной и относительной ошибками; коэффициент вариации для оценки особенностей репродуктивных процессов; достоверность различий между отдельными показателями.

Результаты и обсуждение

В условиях естественного ареала можжевельник виргинский (лат. *Juniperus virginiana*) – вечнозеленое хвойное растение семейства Кипарисовые (лат. *Cupressaceae*), достигает высоты до 30 м и диаметром ствола от 1 м. Произрастает в восточной части Северной Америки: от Гудзонского залива на севере до Флориды на юге (рисунок 1).

Продолжительность жизни может составлять более 1000 лет. Хвоя чешуевидная или игловидная темно-зеленого цвета с сизоватым оттенком. Диаметр шишкоягод составляет до 5 мм, темно-синего

цвета с сизоватым налетом, созревают в первую осень (октябрь). Шишковаягода содержит одно, редко два сросшихся семени г.

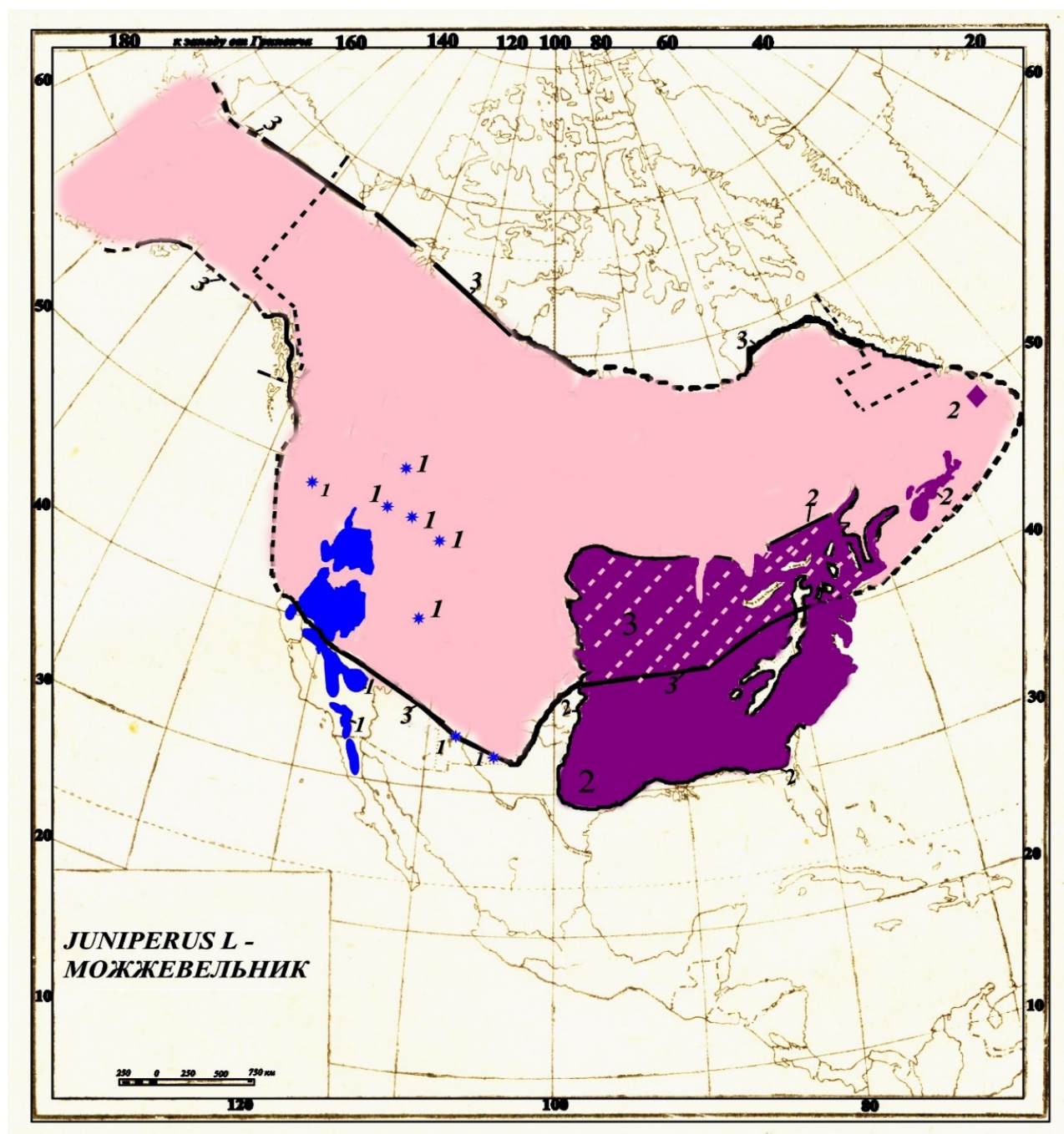


Рисунок 1. Ареалы видов рода Можжевельник (*Juniperus* L.): 1 - Можжевельник западный *J. occidentalis*, 2 - Можжевельник виргинский (*J. virginiana*), 3 - Можжевельник обыкновенный (*J. communis*)

В зеленых насаждениях Волгоградской области благоприятно переносит городские условия: газ, дым, высокие летние температуры и засуху при условии дополнительного орошения, а также вытаптывание почвы. Вид морозостоек, поддается формировке и при этом долго сохраняется форма.

В качестве солитера и групповых посадках используется при озеленительных работах в парках, высадка в рокариях и альпинариях производится на фоне каменистых ландшафтов (Hoff, 2020). *J. virginiana* размножается как вегетативно, так и семенным путем (рисунок 2, 3).



A



Б

Рисунок 2. Побег *Juniperus virginiana* (А - ♀ Б - ♂)



Рисунок 3. Аллейные посадки *Juniperus virginiana* L. на территории ФНЦ Агроэкологии РАН (А); плодоношение (Б)

Семена высевают поздней осенью или весной. Если посев осуществляется весной, то всходы появляются ориентировочно через год. При вегетативном размножении черенки укореняются через 1,5–2 месяца.

При посеве весной обязательной процедурой обработки семян является двухступенчатая стратификация, так как семена имеют глубокий период покоя, обусловленный недоразвитостью зародыша. Растения, выращенные из семенного материала местного происхождения, лучше проходят процесс акклиматизации (Riddle, 2014; Ermalovich, 2015).

Можжевельник казацкий (*Juniperus sabina*) – невысокий кустарник с распростертыми стелющимися ветвями. Хвоя ярко-зеленая. Шишкостробилы закругленные, 5-7 мм, голубовато-чёрные с сизым налётом, созревают на первый год осенью или на второй год весной. В шишкостробиле *J. sabina* обычно 2 редко 1-6 семян (Tylkowski, 2010; Riddle, 2014; Pinna, 2014) (рисунок 4, 6).

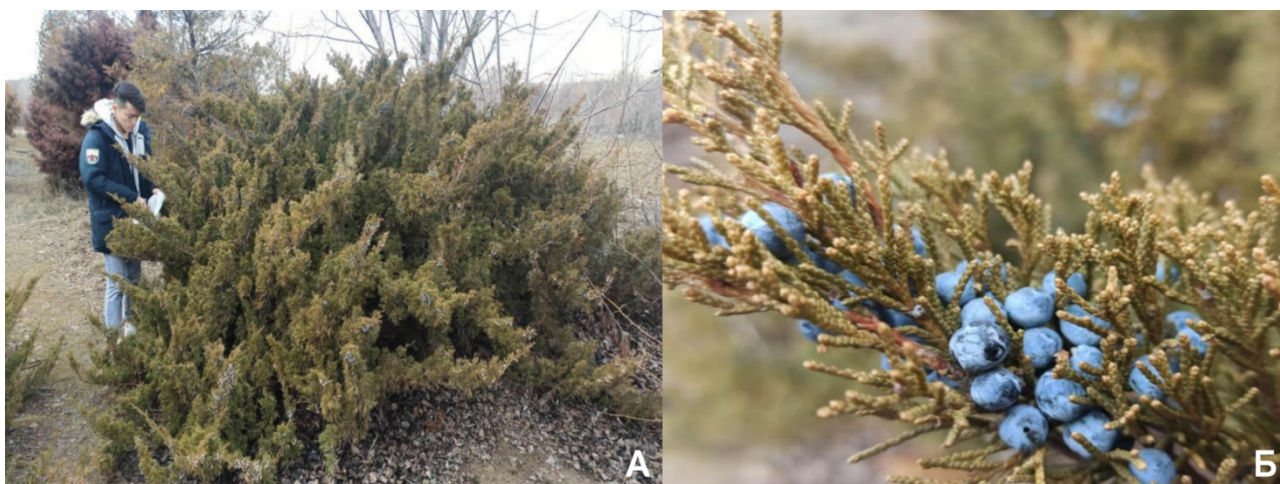


Рисунок 4. Можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), питомник ФНЦ Агроэкологии РАН (А); плодоношение (Б)

Наиболее распространённые формы: эллипсоидная, в форме звезды, ромбовидная, плотнокустовая, линейная.

В естественных условиях на территории России произрастает в бассейне Дона, в Крыму, на Кавказе, Южном Урале, степной части Западной Сибири, Алтае и Саянах (рисунок 5).

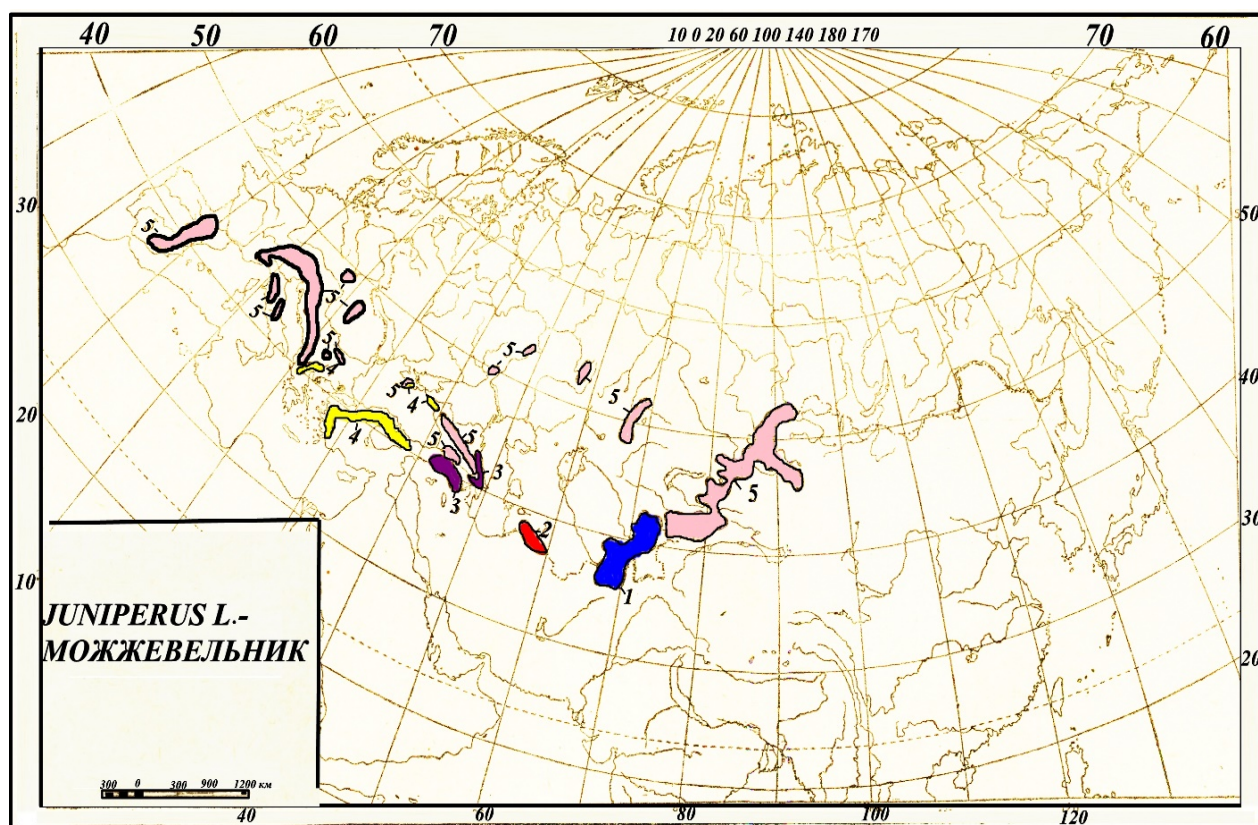


Рисунок 5. Ареалы видов рода Можжевельник (*Juniperus* L.): 1 - Можжевельник зарафшанский (*J. seraushanica*), 2 - Можжевельник туркестанский (*J. turkestanica*), 3 - Можжевельник многоплодный (*J. polycarpus*), 4 - Можжевельник высокий (*J. excelsa*), 5 - Можжевельник казацкий (*J. sabina*)

Вид морозостоек, засухоустойчив и светолюбив, негативно переносит небольшое затенение. Растет на известковых, меловых, песчаных и каменистых почвах, при этом угнетается в заболоченных и засоленных почвах (Hoff, 2018; Ganguli, 2016; García-cervigón, 2018).

В коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, Камышин), помимо местного вида можжевельника казацкого – *J. sabina* L., также успешно интродуцированы можжевельник виргинский – *J. virginiana* L. и можжевельник обыкновенный – *J. communis* L., а также их формы различного возраста.



A



Б

Рисунок 6. Побег *Juniperus sabina* (А - ♀ Б - ♂)

Получены сведения о сезонном развитии *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. в условиях Волгоградской области (таблица 1, рисунок 7).

Таблица 1. Данные фенологических наблюдений *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L.

Показатель		Средние периоды (месяцы, декады) фенологических показателей		
		<i>J. virginiana</i> L.	<i>J. sabina</i> L.	<i>J. communis</i> L.
Набухание почек		11. IV	11. IV	13. IV
Распускание почек		24. IV	18. IV	24. IV
Зеленение		26. IV	7. V	4. V
Цветение	Начало	13. IV	10. IV	22. IV
	Массовое	14. IV	15. IV	26. IV
	Конец	19. IV	21. IV	30. IV
Окончание роста побегов		26. VI	3. VII	12. VI

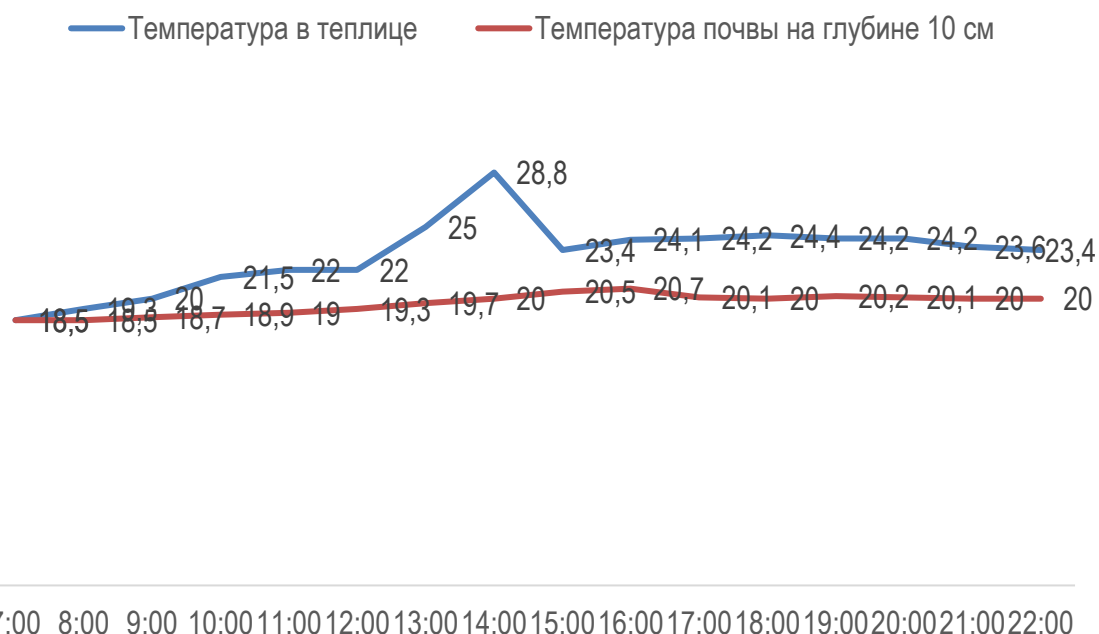


Рисунок 7. Температурный режим в период цветения (2019)

Исследуя семенной материал можжевельника виргинского и казацкого урожая осени 2019 г., нами получены следующие данные (таблицы 2, 3). Основными критериями количественной оценки семенного материала являлись длина, ширина, высота, ошибка среднего, коэффициент вариации и точность опыта.

Таблица 2. Метрические параметры семенного материала можжевельника виргинского (*J. virginiana*) (урожай ноябрь 2019 г.)

Показатель	Ед. изм.	Значения		
		среднее, М	ошибка среднего, m	коэфф. вариации, С, %
длина	мм	4	0,302	7,54
ширина	мм	2,75	0,479	17,43
высота	мм	2,11	0,393	18,63

Таблица 3. Метрические параметры семенного материала можжевельника казацкого (*J. sabina*) (урожай ноябрь 2019 г.)

Показатель	Ед. изм.	Значения		
		среднее, М	ошибка среднего, m	коэфф. вариации, С, %
длина	мм	4,575	0,434	9,50
ширина	мм	3,195	0,460	14,40
высота	мм	2,165	0,310	14,33

Согласно данным, полученным в ходе исследований семенного материала было установлено, что в 10,0 граммах шишкоягод можжевельника виргинского в среднем 156 ягод и 270 шт семян, выход чистых семян – 15,84 % от массы плодов. В 10,0 граммах шишкоягод можжевельника казацкого в среднем 86 ягод и 170 шт семян, выход чистых семян – 20,09 % от массы плодов. Согласно нормативным данным по можжевельнику обыкновенному (масса 1000 шт. которых составила 16 г (Vanden-Broeck, 2011) выяснили, что семена можжевельника виргинского (10 г) меньше по массе семян обыкновенного практически в полтора раза; масса семян можжевельника казацкого (24 г) больше по массе семян можжевельника обыкновенного в полтора раза и почти в два с половиной раза больше можжевельника виргинского (рисунок 8, 9, 10, 11, 12).

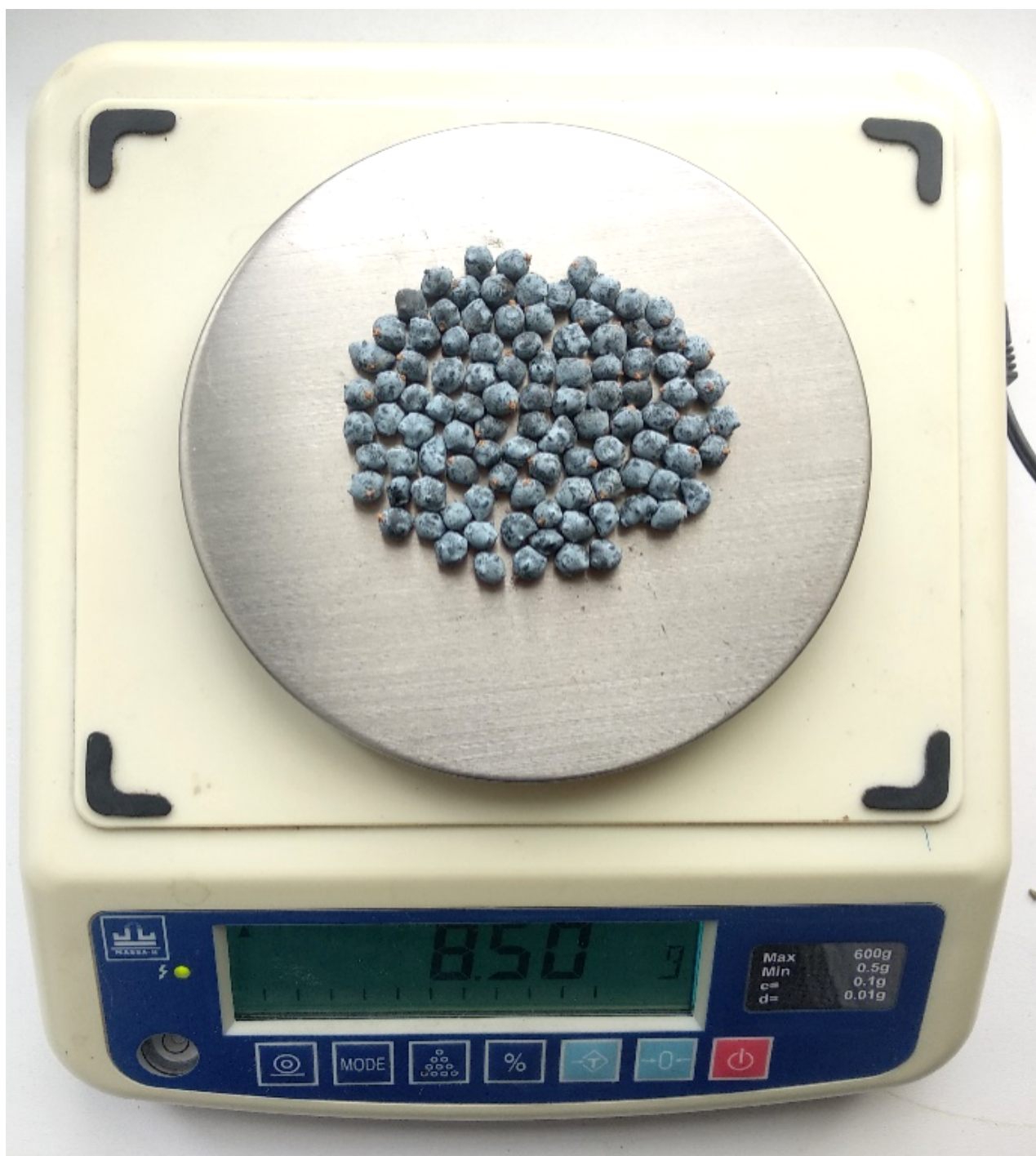


Рисунок 8. Взвешивание шишкоягод можжевельника виргинского (*J. virginiana*)

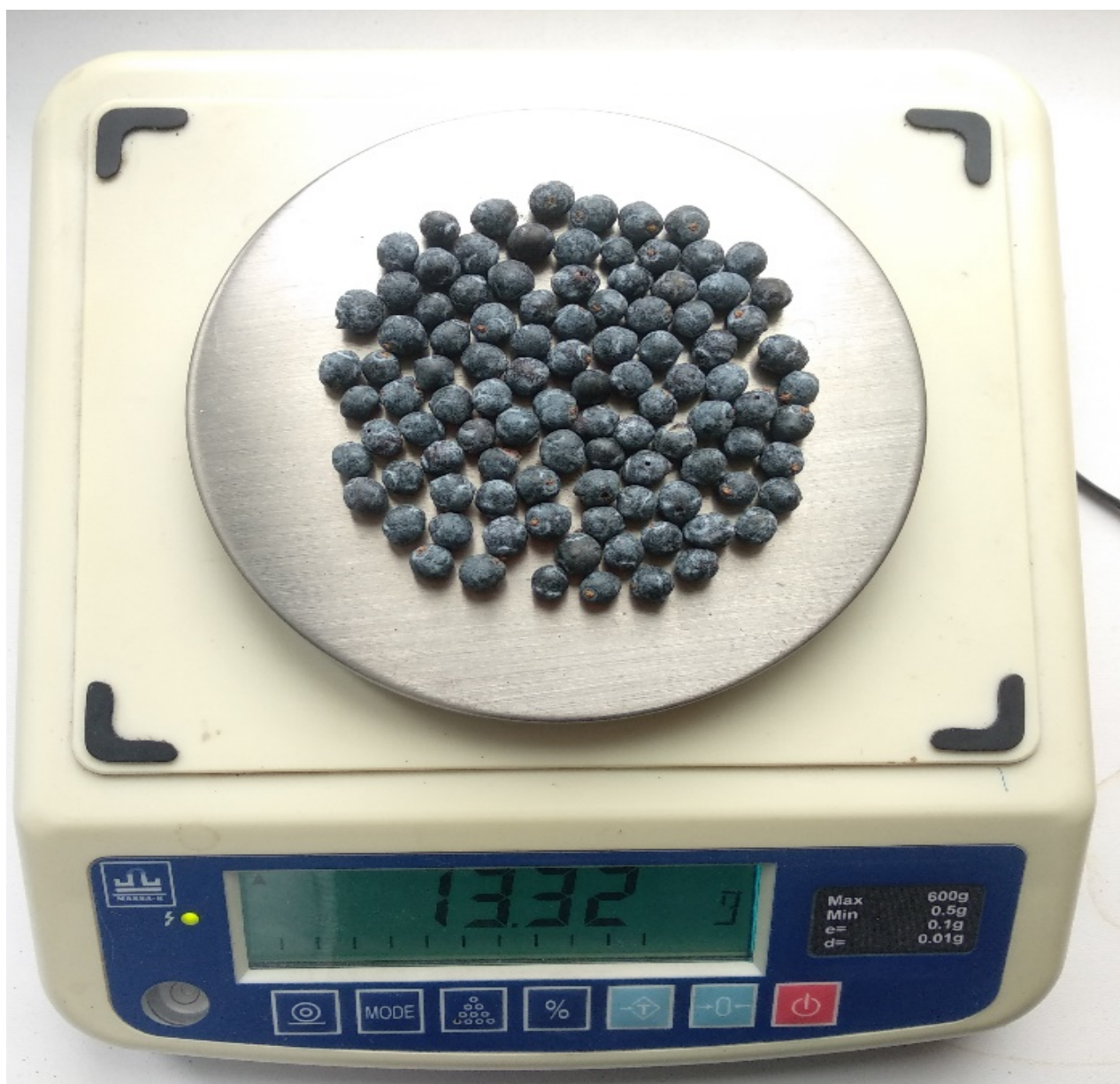


Рисунок 9. Взвешивание шишкоягод можжевельника казацкого (*J. sabina*)



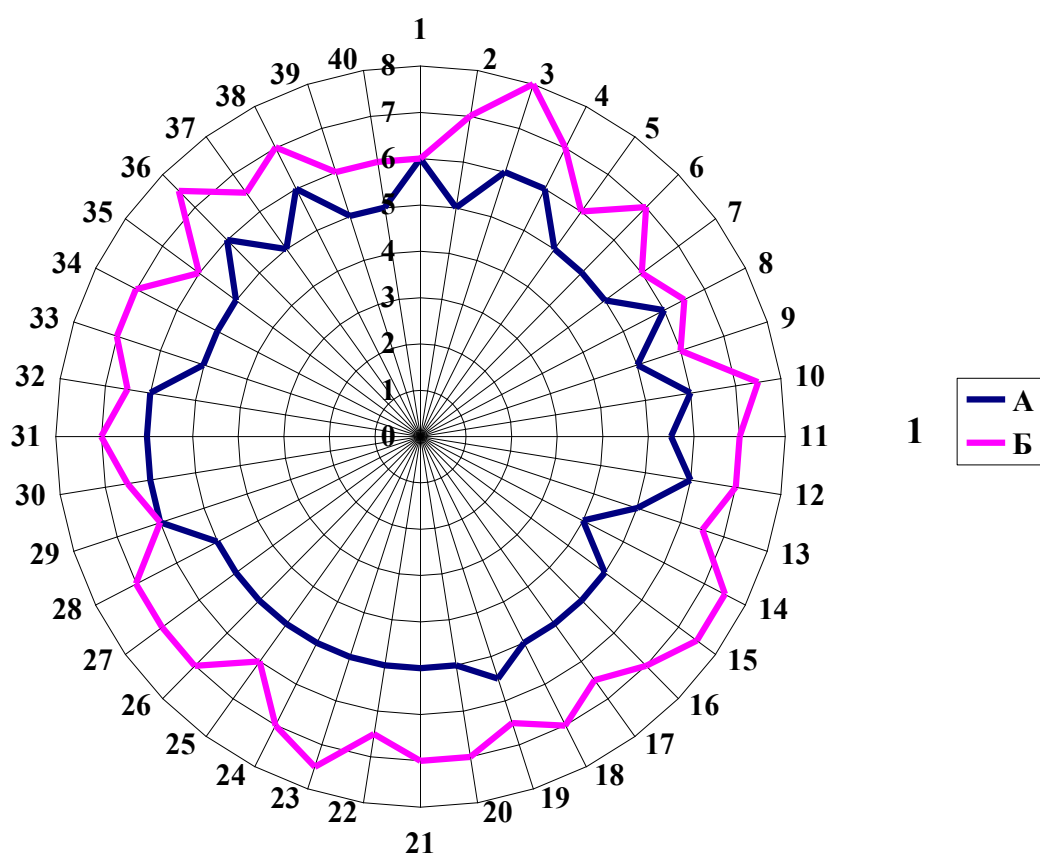
Рисунок 10. Шишкягоды и семена можжевельника виргинского (*J. virginiana*)



Рисунок 11. Шишкягоды и семена можжевельника казацкого (*J. sabina*)

Таблица 4. Количественные показатели семян можжевельника виргинского (*J. virginiana*) и можжевельника казацкого (*J. sabina*)

	Можжевельник виргинский (<i>J. virginiana</i>)	Можжевельник казацкий (<i>J. sabina</i>)
Масса 1000 шт., гр.	80,26	121,85
Количество шишкочагод в 10 гр., шт.	156	86
Количество семян в 10 гр. шишкочагод, шт.	270	170
Выход чистых семян от массы плодов, %	15,84	20,09
Количество семян в шишкочагоде, шт.	1-3	2-3



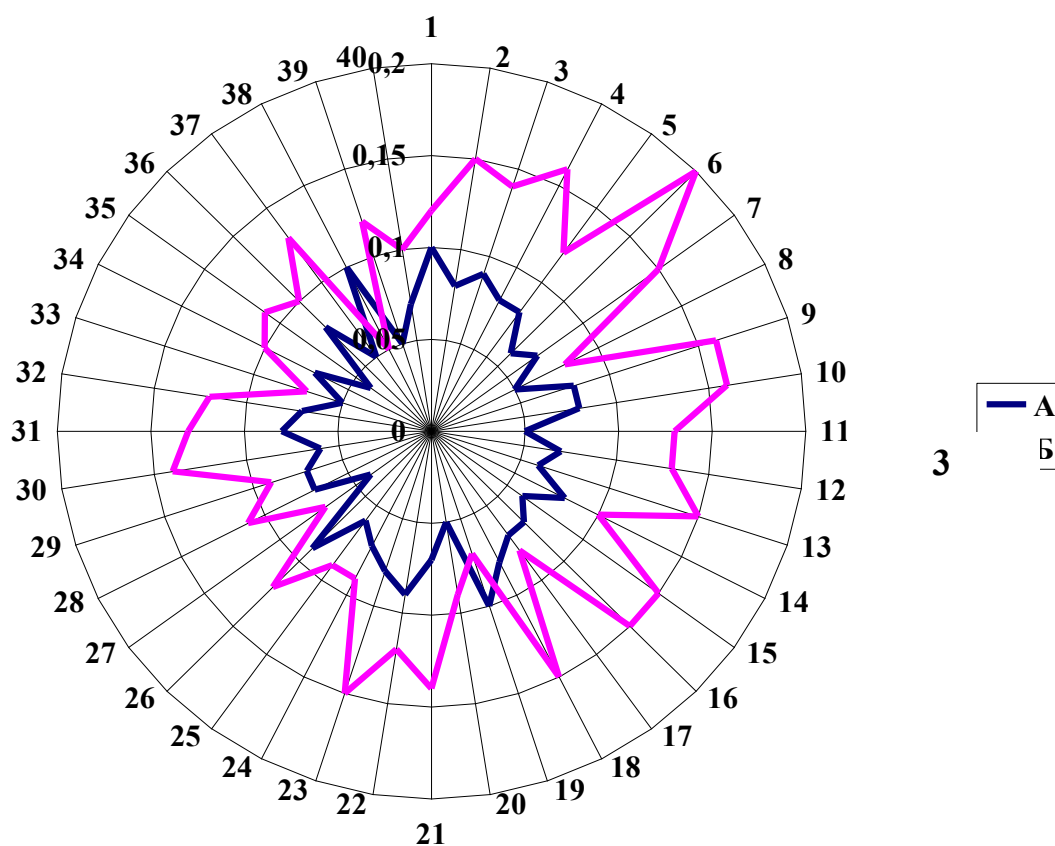
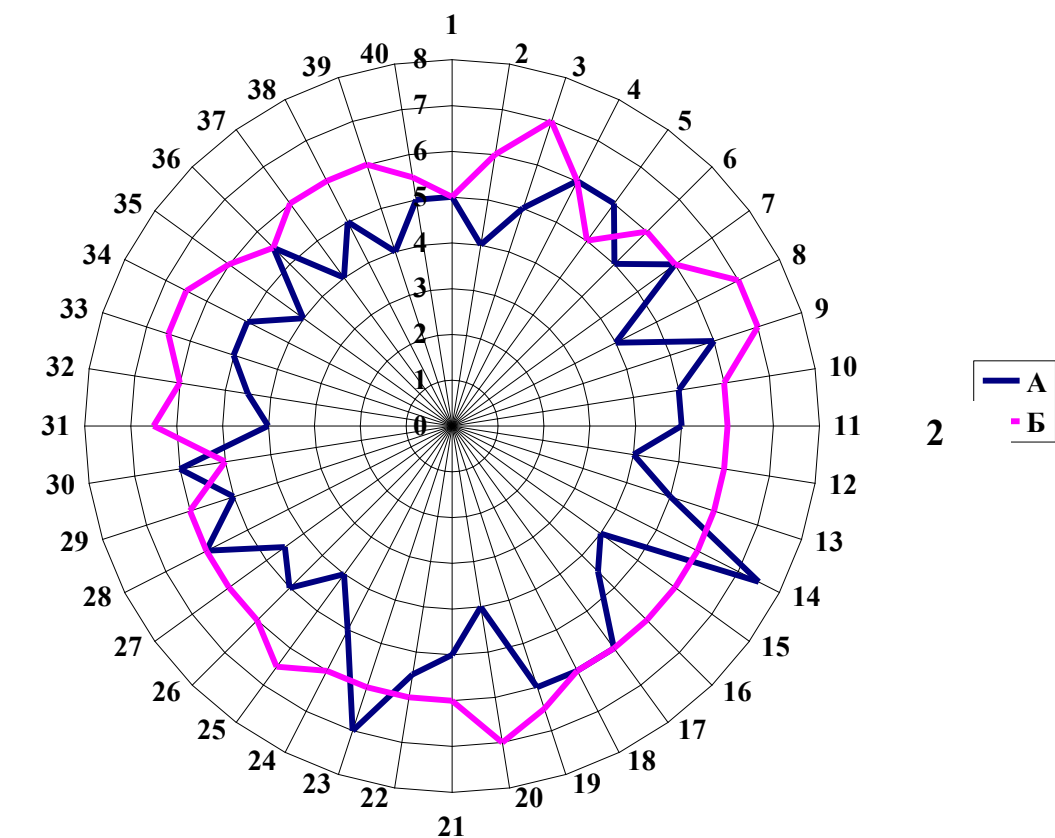


Рисунок 12. Диаграммы распределения значений плодов видов *Juniperus* по длине плода, см (1); ширине плода, см (2); массе плода, г (3); (А - *J. virginiana* L., Б - *J. sabina* L.)

Многолетняя практика интродукции показывает положительные оценки отношения растений жаркому и сухому климату Нижнего Поволжья, где *J. virginiana* достигает 6 м, а *J. communis* – 3,5 м. (таблица 5).

Таблица 5. Эколого-биологическая характеристика видов *Juniperus* L. в условиях каштановых почв

Виды <i>Juniperus</i> L.	Высота, м	Зимо-стойкость ¹	Засухоустойчивость	Цветение	Плодоношение
<i>virginiana</i> L.	5,3 – 6,0	5	5	5	4
<i>sabina</i> L.	0,4 – 0,5	5	5	2	2
<i>communis</i> L.	2,8 – 3,5	5	5	3	3

¹ в баллах, 5 – отличное, 4 – хорошее, 3 – удовлетворительное, 2 – редкое

J. virginiana не пользуется большой популярностью при расширении ассортимента зелёных насаждений населённых пунктов Волгоградской области, при том что вид имеет перспективные качества как стабильный рост и развитие.

Можжевельник казацкий – стелющийся кустарник, гармонично сочетается в группах, подлесках редких насаждений из березы и лиственницы. Насаждения с участием *J. sabina* имеют высокий водоохраный, почвозащитный и санитарно-гигиенический эффект (Zheljazkov, 2018).

Доброкачественность семян *Juniperus virginiana* (до 70%) в условиях светло-каштановых и каштановых почв Волгоградской области на достаточно высоком уровне, для сравнения показатель доброкачественности семян у *J. communis* – низкий (25-45%). Плодоношение начинается с 6-7-летнего возраста.

При размножении можжевельников семенами, черенками, отводками (стелющиеся формы), а также прививкой на Нижневолжской станции по селекции древесных пород были получены положительные результаты всхожести, скорости роста и развития.

При семенном размножении *Juniperus virginiana* имеет высокую скорость роста по сравнению с другими видами этого рода. Сеянцы в 1-й год вегетации достигают 0,10-0,12 м, во второй год 0,20-0,25 м, четырехлетние растения имеют высоту 0,65-0,80 м, а 5-6-летние растения – 1,30-1,70 м и уже пригодны для посадки на постоянное место (рисунок 12).

Засухоустойчивость, высокий уровень зимостойкости, гибкость вида по отношению к типам почв (может расти, в том числе на слабо засоленных) позволили рекомендовать *Juniperus virginiana* для озеленения городов западных районов. Однако в городских посадках засушливого региона незначительно используется в озеленении. Результаты изучения декоративных особенностей и обследование объектов озеленения свидетельствует о перспективности использования для аллейных и групповых посадок в парках (Semenyutina, 2018; рисунок 13).



a



б

Рисунок 13. *Juniperus virginiana* в озеленении бульвара (а) и парка (б)
(г. Камышин, Волгоградская обл.)

Juniperus virginiana – обладает разнообразием формы кроны (узкая, широкая пирамидальная, округлая). При закладке маточников и массовом размножении *Juniperus virginiana* и его формы могут быть широко использованы в декоративном садоводстве (таблица 6).

Таблица 6. Декоративные достоинства *Juniperus virginiana* в сравнении с другими видами, используемыми в озеленении

Виды	Декоративные признаки (балл) и длительность их проявления (месяц)						Рейтинг видов
	цветки	плоды, шишки	листья (хвоя) форма	окраска листьев (хвои)	ствол	крона	
<i>Juniperus virginiana</i>	2х1	4х3	6х12	6х3	3х12	6х12	212(1)
<i>Betula pendula</i>	3х1	3х1	4х4	5х1	6х12	6х12	171(2)
<i>Acer platanoides</i>	3х1	5х3	5х4	6х1	4х12	4х12	140(3)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6х1	2х3	4х4	2х1	3х12	3х12	102(4)

Опыт применения *Juniperus virginiana* в озеленительных посадках г. Камышина показал, что он относительно устойчив в условиях запыленности и загазованности воздуха урбанизированных территорий, в групповых посадках выносит затенение (таблица 7).

Таблица 7. Распределение видов *Juniperus* L. по типам озеленительных посадок

Виды	Аллеиные насаждения	Массивы	Группы	Солитеры	Живые изгороди	
					неформованные, опушки и бордюры	формованные
<i>J. virginiana</i> L.	+	+	+	+	+	+
<i>J. sabina</i> L.	–	–	+	+	+	–
<i>J. communis</i> L.	–	–	+	+	+	+

Заключение

Для озеленения урбанизированных территорий Волгоградской области *Juniperus virginiana* рекомендуется использовать в аллеиных насаждениях, в чистых группах и в качестве второго яруса в насаждениях *Betula*, *Robinia*, *Pseudotsuga*, *Larix*.

В Волгоградской области *Juniperus communis* и его формы могут быть высажены на бедных песчаных почвах только в групповых посадках, опушках и в формованных живых изгородях. Пирамидальные формы наиболее гармонично сочетаются на партерах, для оформления каменистых участков лучшим решением будут карликовые формы. Форма с золотистой окраской в малых группах на газоне.

Juniperus sabina имеет практический интерес в качестве объекта декорирования и укрепления склонов. В садах и парках общего пользования его применение ограничивается, а при озеленении детских учреждений исключается (хвоя и плоды ядовиты).

Изучение характера плодоношения можжевельника виргинского (*J. virginiana*) показало, 10,0 граммах шишкочкода содержится в среднем 156 ягод и 270 шт семян, выход чистых семян – 15,84 % от массы плодов. В 10,0 граммах шишкочкода можжевельника казацкого (*J. sabina*) содержится в среднем 86 ягод и 170 шт семян, выход чистых семян – 20,09 % от массы плодов.

По комплексу изученных количественных показателей семенного материала установили, что семена можжевельника виргинского (10 г) меньше по массе семян обыкновенного практически в полтора раза; масса семян можжевельника казацкого (24 г) больше по массе семян можжевельника обыкновенного в полтора раза и почти в два с половиной раза больше можжевельника виргинского в сравнении с нормативными данными по можжевельнику обыкновенному (масса 1000 шт. которых составила 16 г).

Полученные данные в ходе исследований будут использованы в рамках изучения применения видов семейства кипарисовые (*Cupressaceae*) в озеленении и лесомелиорации Нижнего Поволжья.

Список литературы

1. Arzac, A., García-Cervigón, A. I., Vicente-Serrano, S. M., Loidi, J., & Olano, J. M. (2016). Phenological shifts in climatic response of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*, 217, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.11.011>
2. Farukshina, G. G., & Putenikhin, V. P. (2016). Population structure of common juniper in the Cis-Urals and Southern Urals. *Contemporary Problems of Ecology*, 9(7), 863–872. <https://doi.org/10.1134/S1995425516070052>
3. Ganguli, C., Engle, D. M., Mayer, P. M., & Salo, L. F. (2016). Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. *Ecosphere*, 7(8). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1433>
4. García-Cervigón, A. I., Linares, J. C., García-Hidalgo, M., Camarero, J. J., & Olano, J. M. (2018). Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*, 51, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.07.003>
5. Hantemirova, E. V., Heinze, B., Knyazeva, S. G., Musaev, A. M., Lascoux, M., & Semerikov, V. L. (2017). A new Eurasian phylogeographical paradigm? Limited contribution of southern populations to the recolonization of high latitude populations in *Juniperus communis* L. (Cupressaceae). *Journal of Biogeography*, 44(2), 271–282. <https://doi.org/10.1111/jbi.12867>

6. Hoff, D. L., Will, R. E., Zou, C. B., & Lillie, N. D. (2018). Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/f9020075>
7. Pinna, M. S., Grillo, O., Mattana, E., Cañadas, E. M., & Bacchetta, G. (2014). Inter-and intraspecific morphometric variability in *Juniperus* L. seeds (Cupressaceae). *Systematics and Biodiversity*, 12(2), 211–223. <https://doi.org/10.1080/14772000.2014.904827>
8. Plesa, C.-M., Hadaruga, D. I., Hadarugas, N. G., Branic, A. G., Ardelean, A., & Lupea, A. X. (2011). *Juniperus communis* and *juniperus Virginiana* hydrophobic extracts: A multivariate analysis approach. *Revista de Chimie*, 62(9), 941–946.
9. Riddle, J., Pederson, N., Stella, J. C., & Leopold, D. J. (2014). Shifting climate sensitivity and contrasting growth trends in *Juniperus* species growing together at opposite range margins. *Tree-Ring Research*, 70(2), 101–111. <https://doi.org/10.3959/1536-1098-70.2.101>
10. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
11. Severoglu, Z., Ozyigit, I. I., Dogan, I., Kurmanbekova, G., Demir, G., Yalcin, I. E., & Kari, G. K. (2015). The usability of *Juniperus virginiana* L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Bishkek City, Kyrgyzstan. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 29(6), 1104–1112. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1072478>
12. Tylkowski, T. (2010). Dormancy breaking in savin juniper (*Juniperus Sabina* L.) seeds. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 79(1), 27–29.
13. Vanden-Broeck, A., Gruwez, R., Cox, K., Adriaenssens, S., Michalczyk, I. M., & Verheyen, K. (2011). Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: A case study for *Juniperus communis* in northwestern Europe. *BMC Genetics*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-73>
14. Vilcinskas, R., Jociene, L., Rekasius, T., Marozas, V., Paulauskas, A., & Kupcinskiene, E. (2016). Genetic diversity of Lithuanian populations of *Juniperus communis* L. in relation to abiotic and biotic factors. *Dendrobiology*, 76, 61–71. <https://doi.org/10.12657/denbio.076.006>
15. Zheljazkov, V. D., Kacaniova, M., Dincheva, I., Radoukova, T., Semerdjieva, I. B., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2018). Essential oil composition, antioxidant and antimicrobial activity of the galbuli of six juniper species. *Industrial Crops and Products*, 124, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.013>

Evaluation of woody plants of *Juniperus* L. for urban greening in sparsely wooded regions



Alexandra V. Semenyutina

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
vnialmi@yandex.ru
0000-0003-3250-6877



Maxim V. Choi

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
3930788@mail.ru
0000-0003-2139-7919



Nikolay A. Bugreev

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
thek1llar@mail.ru
0000-0002-7168-488X

Received
19.08.2019

Accepted
30.10.2019

Published
15.03.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.5

Abstract

Monitoring studies of plant objects provide an array of data on the characteristics of growth, phenology, the development of generative organs, the specifics of fruiting, seed quality, and resistance to stress factors, i.e. indicators that are in a functional relationship with each other and allow estimating the degree of environmental plasticity of plants. To justify the prospects of species of the *Juniperus* genus, forecast the adaptability level of species outside the natural range, reliable and relevant information on the success of adaptation of introduced plants in urbanized areas of sparsely wooded regions is necessary.

The purpose of the research is to justify the prospects of using species of the *Juniperus* genus based on the study of their biological potential under the conditions of introduction.

The objects of research were species of the *Juniperus* genus: *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. and their forms introduced in dendrological collections of the Volgograd Region: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Cadastre No. 34:34:000000:122, 34:34:060061:10 and the Lower Volga tree breeding station, No. 34:36 0000:14:0178.

The survey was conducted by the route method. The seasonal development rhythms of introduced plants were studied by the method of phenological observations. The characteristics of decorativeness, growth, and development of three species of *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) in chestnut soils of the Volgograd Region, the assessment of reproductive ability, and the reproduction specifics of various cultivated species culture were revealed according to the methods of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. To determine the fruiting specifics of the study objects, the method of determining the mass of 1000 seeds was used; weighing was performed using a MASSA-K brand balance. For mathematical data processing, standard algorithms were used: the arithmetic mean with absolute and relative errors; the coefficient of variation to assess the characteristics of reproductive processes; the significance of differences between individual indicators.

The characteristics of decorativeness, growth, and development of three species of *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) in chestnut soils of the Volgograd Region are described. An assessment of reproductive ability is given, the features of reproduction of various cultivate species are revealed.

According to the complex of the studied quantitative indicators of the seed material, it was found that the weight of seeds of Virginian juniper (*Juniperus virginiana* L.) (10 g) was almost half of the weight of common juniper seeds; the weight of the seeds of savin juniper (*Juniperus sabina* L.) (24 g) exceeded the weight of the seeds of common juniper by 1.5 times and that of Virginian juniper – by 2.5 times, in comparison with the standard data for common juniper (weight of 1000 pcs. – 16 g).

A study of the fruiting specifics of Virginian juniper (*J. virginiana*) showed that 10.0 grams of conifer berries contained an average of 156 berries and 270 seeds, the yield of pure seeds was 15.84% of the fruit weight; 10.0 grams of cone berry of savin juniper (*J. sabina*) contained an average of 86 berries and 170 seeds, the yield of pure seeds was 20.09% of the fruit weight.

It has been established that for landscaping the urban areas of the Volgograd Region, *Juniperus virginiana* is recommended to be used in alley stands, in clean groups, and as a second tier in the stands of *Betula*, *Robinia*, *Pseudotsuga*, *Larix*.

Juniperus sabina is most valuable for decorating and strengthening slopes. In gardens and public parks, its use is limited, and when planting children's institutions, it is excluded (needles and fruits are poisonous).

In the Volgograd Region, *Juniperus communis* and its forms can be used on poor sandy soils in group plantings, at the edges, and in molded hedges. Pyramidal forms are suitable in the level spaces, dwarf forms – for the design of rocky areas. The form with a golden color can be used in small groups on lawns.

Keywords

woody plants, *Juniperus*, bio-diversity, adaptation, gardening, introduction, seeds, pine cones.

Indicate if research is done under a grant.

Reference

1. Arzac, A., García-Cervigón, A. I., Vicente-Serrano, S. M., Loidi, J., & Olano, J. M. (2016). Phenological shifts in climatic response of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*, 217, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.11.011>
2. Farukshina, G. G., & Putenikhin, V. P. (2016). Population structure of common juniper in the Cis-Urals and Southern Urals. *Contemporary Problems of Ecology*, 9(7), 863–872. <https://doi.org/10.1134/S1995425516070052>
3. Ganguli, C., Engle, D. M., Mayer, P. M., & Salo, L. F. (2016). Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. *Ecosphere*, 7(8). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1433>
4. García-Cervigón, A. I., Linares, J. C., García-Hidalgo, M., Camarero, J. J., & Olano, J. M. (2018). Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*, 51, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.07.003>
5. Hantemirova, E. V., Heinze, B., Knyazeva, S. G., Musaev, A. M., Lascoux, M., & Semerikov, V. L. (2017). A new Eurasian phylogeographical paradigm? Limited contribution of southern populations to the recolonization of high latitude populations in *Juniperus communis* L. (Cupressaceae). *Journal of Biogeography*, 44(2), 271–282. <https://doi.org/10.1111/jbi.12867>
6. Hoff, D. L., Will, R. E., Zou, C. B., & Lillie, N. D. (2018). Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/f9020075>
7. Pinna, M. S., Grillo, O., Mattana, E., Cañadas, E. M., & Bacchetta, G. (2014). Inter- and intraspecific morphometric variability in *Juniperus* L. seeds (Cupressaceae). *Systematics and Biodiversity*, 12(2), 211–223. <https://doi.org/10.1080/14772000.2014.904827>
8. Plesa, C.-M., Hadaruga, D. I., Hadarugas, N. G., Branic, A. G., Ardelean, A., & Lupea, A. X. (2011). *Juniperus communis* and *Juniperus Virginiana* hydrophobic extracts: A multivariate analysis approach. *Revista de Chimie*, 62(9), 941–946.
9. Riddle, J., Pederson, N., Stella, J. C., & Leopold, D. J. (2014). Shifting climate sensitivity and contrasting growth trends in *Juniperus* species growing together at opposite range margins. *Tree-Ring Research*, 70(2), 101–111. <https://doi.org/10.3959/1536-1098-70.2.101>
10. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
11. Severoglu, Z., Ozyigit, I. I., Dogan, I., Kurmanbekova, G., Demir, G., Yalcin, I. E., & Kari, G. K. (2015). The usability of *Juniperus virginiana* L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Bishkek City, Kyrgyzstan. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 29(6), 1104–1112. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1072478>
12. Tylkowski, T. (2010). Dormancy breaking in savin juniper (*Juniperus Sabina* L.) seeds. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 79(1), 27–29.
13. Vanden-Broeck, A., Gruwez, R., Cox, K., Adriaenssens, S., Michalczyk, I. M., & Verheyen, K. (2011). Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: A case study for *Juniperus communis* in northwestern Europe. *BMC Genetics*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-73>
14. Vilcinskas, R., Jociene, L., Rekasius, T., Marozas, V., Paulauskas, A., & Kupcinskiene, E. (2016). Genetic diversity of Lithuanian populations of *Juniperus communis* L. in relation to abiotic and biotic factors. *Dendrobiology*, 76, 61–71. <https://doi.org/10.12657/denbio.076.006>
15. Zheljaskov, V. D., Kacaniova, M., Dincheva, I., Radoukova, T., Semerdjieva, I. B., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2018). Essential oil composition, antioxidant and antimicrobial activity of the galbula of six juniper species. *Industrial Crops and Products*, 124, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.013>