

World Ecology Journal





World Ecology Journal

Наука.Мысль: электронный периодический журнал

Volume 11
Issue 1

worldecologyjournal.org
Founder: Dr. Michael M. Podkolzin

Assigned in press 15.03.2021

phone: +79275076410
mailto: wej@worldjournals.pro
Volzsky, Russia

телефон: +79275076410
e-mail: wej@worldjournals.pro
Волжский, Россия

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, soilzln@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

Irina S. Kolganova, Sergey S. Taran Innovative approaches in the use of species of the genus <i>Acer</i> L. in landscaping plantings of agglomerations of the dry steppe	4
Alexandra V. Semenyutina, Maxim V. Tsoi, Vasily V. Sapronov Experience of introduction of coniferous plants in the conditions of dry steppe	17
Aliya Sh. Khuzhakhmetova, Alexandra V. Semenyutina, Alexander I. Belyaev Models of protective forest stands with shrubs in conditions of chestnut soils	33
Sergey N. Kruzhilin, Tatyana Yu. Baranova, Oleg S. Ishchenko, Yuri N. Pisarenko Adaptive potential of Pedunculate oak in geographical cultures of the Lower Don	45
Sergey Y. Lazarev, Alexandra V. Semenyutina Features of the structure and development of the crowns of woody plants of the genus <i>Robinia</i> L.	69
Alexandra V. Semenyutina, Kristina A. Melnik Generative and reproductive qualities in taxa of the genus <i>Gleditsia</i> in arid conditions	88

СОДЕРЖАНИЕ

Ирина Сергеевна Колганова, Сергей Сергеевич Таран Инновационные подходы в использовании видов рода <i>Acer</i> L. в озеленительных посадках агломераций сухой степи	4
Александра Викторовна Семенютина, Максим Вячеславович Цой, Василий Васильевич Сапронов Опыт интродукции хвойных растений в условиях сухой степи	17
Алия Шамильевна Хужахметова, Александра Викторовна Семенютина, Александр Иванович Беляев Модели защитных лесных насаждений с участием кустарников в условиях каштановых почв	33
Сергей Николаевич Кружилин, Татьяна Юрьевна Баранова, Олег Сергеевич Ищенко, Юрий Николаевич Писаренко Адаптивный потенциал дуба черешчатого в географических культурах Нижнего Дона	45
Сергей Евгеньевич Лазарев, Александра Викторовна Семенютина Особенности строения и развитие крон древесных растений рода <i>Robinia</i> L.	69
Александра Викторовна Семенютина, Кристина Андреевна Мельник Генеративные и репродуктивные качества у таксонов рода <i>Gleditsia</i> в засушливых условиях	88

Инновационные подходы в использовании видов рода *Acer* L. в озеленительных посадках агломераций сухой степи

Ирина Сергеевна Колганова

кандидат сельскохозяйственных наук,

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал Донского государственного аграрного университета

Новочеркасск, Россия

I.S.Kolganova@yandex.ru

 0000-0001-7856-2618

Сергей Сергеевич Таран

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал Донского государственного аграрного университета

Новочеркасск, Россия

I.S.Kolganova@yandex.ru

 0000-0002-4891-697X

Поступила в редакцию 16.12.2020

Принята 11.01.2021

Опубликована 15.03.2021

 10.25726/s0738-1779-8065-a

Аннотация

Род *Acer* L. ценен в садово-парковом строительстве для солитерных посадок в парках, на бульварах и аллеях, в массивах, что является, несомненно, актуальным вопросом в условиях засушливой степи. Самое благоприятное сочетание природных компонентов наблюдается в парковых зонах. Лучшие показатели природной комфортности в парках города Ростова-на-Дону отмечены в ПК и О имени В. Черевичкина, имени Октябрьской Революции, имени 1 Мая, Александровский сад (г. Новочеркасск), ПК и О имени Ленина (г. Батайск). Основные дискомфортные условия связаны с зонами загрязнения природной окружающей среды и приходится на дороги и транспортные магистрали. В г. Ростове-на-Дону – ул. Большая Садовая, в г. Новочеркасске – пр-ты Ермака и Баклановский. В связи с высокой транспортной загруженностью, произрастающие вдоль вышеперечисленных улиц и проспектов *Acer pseudoplatanus* L. и *Acer platanoides* L., имеют самый низкий уровень комфортности. В ландшафтной архитектуре важную роль играет декоративная долговечность – сохранность декоративного признака в течение длительного периода времени. За декоративный признак, чаще всего, принимается естественная форма кроны. С возрастом *Acer* L. не одинаково сохраняют декоративную долговечность формы кроны. По результатам наблюдений *A. platanoides* L. и *A. pseudoplatanus* L. при отсутствии затенения сохраняют естественную форму кроны до 50 - 60 лет. Они отнесены к 1 группе декоративной долговечности. *A. saccharinum* L. хорошо сохраняет форму кроны более 30 лет и отнесен ко 2 группе декоративной долговечности.

Ключевые слова

Acer L. (клен), озеленение, объекты общего пользования, долговечность, парк, сквер, проспект, уличные посадки, долговечность, сухая степь, инновационные подходы.

Введение

Негативный микроклимат между обществом и природной средой усиливается с ростом урбанизации. Важным параметром эколого-социальной оценки комфортности проживания населения является природно-экологический комплекс. В современном мире естественная природная среда наиболее важна при поднятии уровня эколого-социальной комфортности обитания населения, по причине того, что изменение естественных природных условий носит длительный временной интервал. Качественная оценка природно-экологического комплекса включает в себя: современный рельеф, природную окружающую среду, геологические явления, растительный покров [7, 13].

Растительный покров оказывает значительное влияние на удовлетворение рекреационного спроса городского населения, улучшение воздушной среды и сохранение природного ландшафта. На центральную часть Ростова-на-Дону из 7 тыс. га зеленых насаждений приходится всего лишь 12%.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись разновозрастные чистые и смешанные насаждения с участием видов рода *Acer* L., произрастающие на объектах общего пользования городов Ростовской агломерации.

Результаты и обсуждение

В условиях городской среды значимость объектов общего пользования значительно возрастает.

Предпочтительное сочетание природных компонентов наблюдается на территории парковых объектов. Самые лучшие показатели природной комфортности на объектах общего пользования города Ростова-на-Дону отмечены в ПК и О имени Октябрьской Революции, имени В. Черевичкина, имени 1 Мая, Александровский сад (г. Новочеркасск), ПК и О имени Ленина (г. Батайск).

Дороги, транспортные развязки и магистрали, промышленные территории заводов и зоны возле них – это основные дискомфортные территории, оказывающие влияние на окружающую природную среду [8, 15]. В городе Ростове-на-Дону – ул. Б. Садовая, в городе Новочеркасске - пр-ты Баклановский и Ермака. В связи с высокой транспортной загруженностью, вышеперечисленные улицы и проспекты, имеют самый низкий уровень комфортности.

Немаловажную роль в ландшафтном строительстве играет долговечность древесных пород, по причине того, что мощные и развитые деревья представляют большую декоративность.

По данным исследований А.П. Вергунова видно, что различная декоративная долговечность древесных и кустарниковых растений, komponующих декоративную группу или массив, приводит к разрушению конструкции задуманной художественной композиции. В связи с этим, недолговечные растения вводят в группы и зеленые насаждения исключительно по опушке [1; 2].



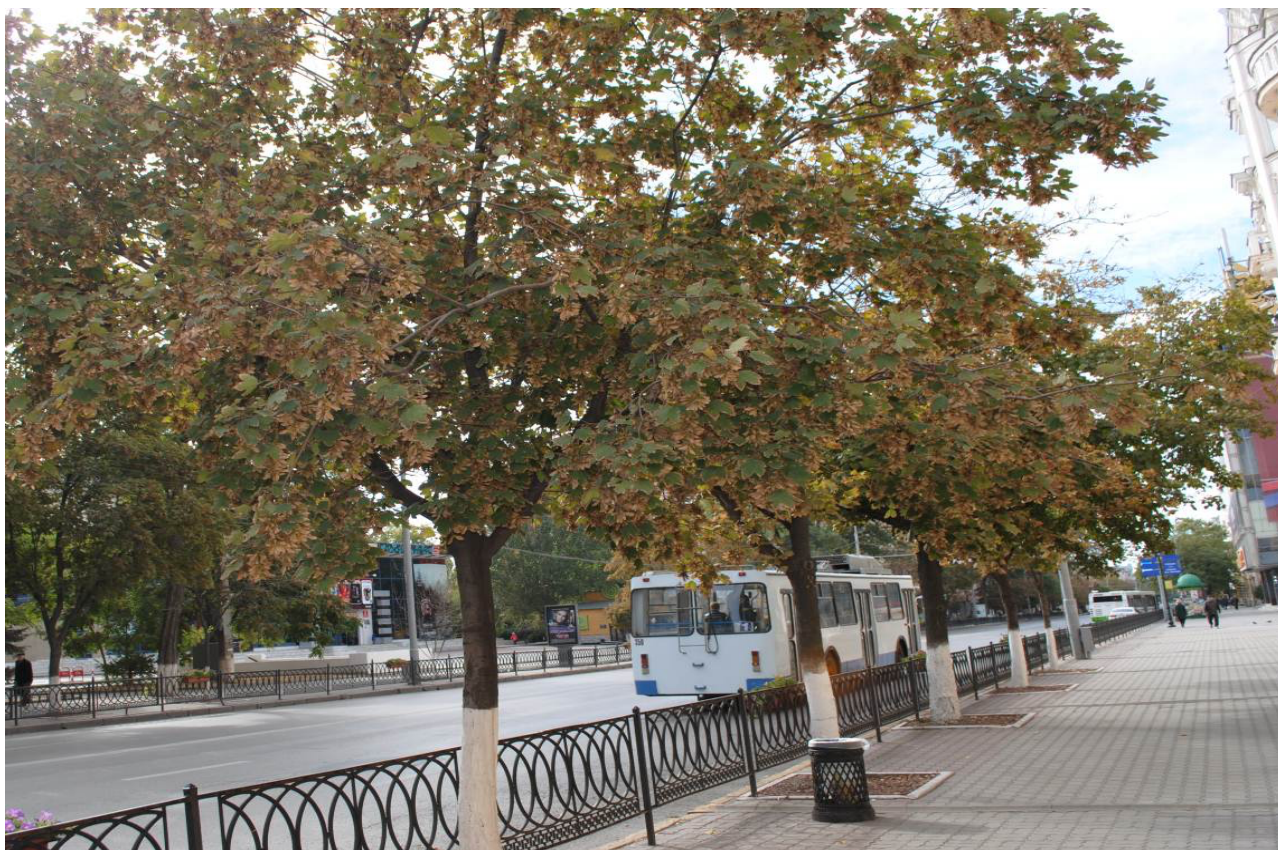


Рисунок 1. *A. pseudoplatanus* L., произрастающий в уличных рядовых посадках (ул. Б. Садовая в г. Ростове-на-Дону)

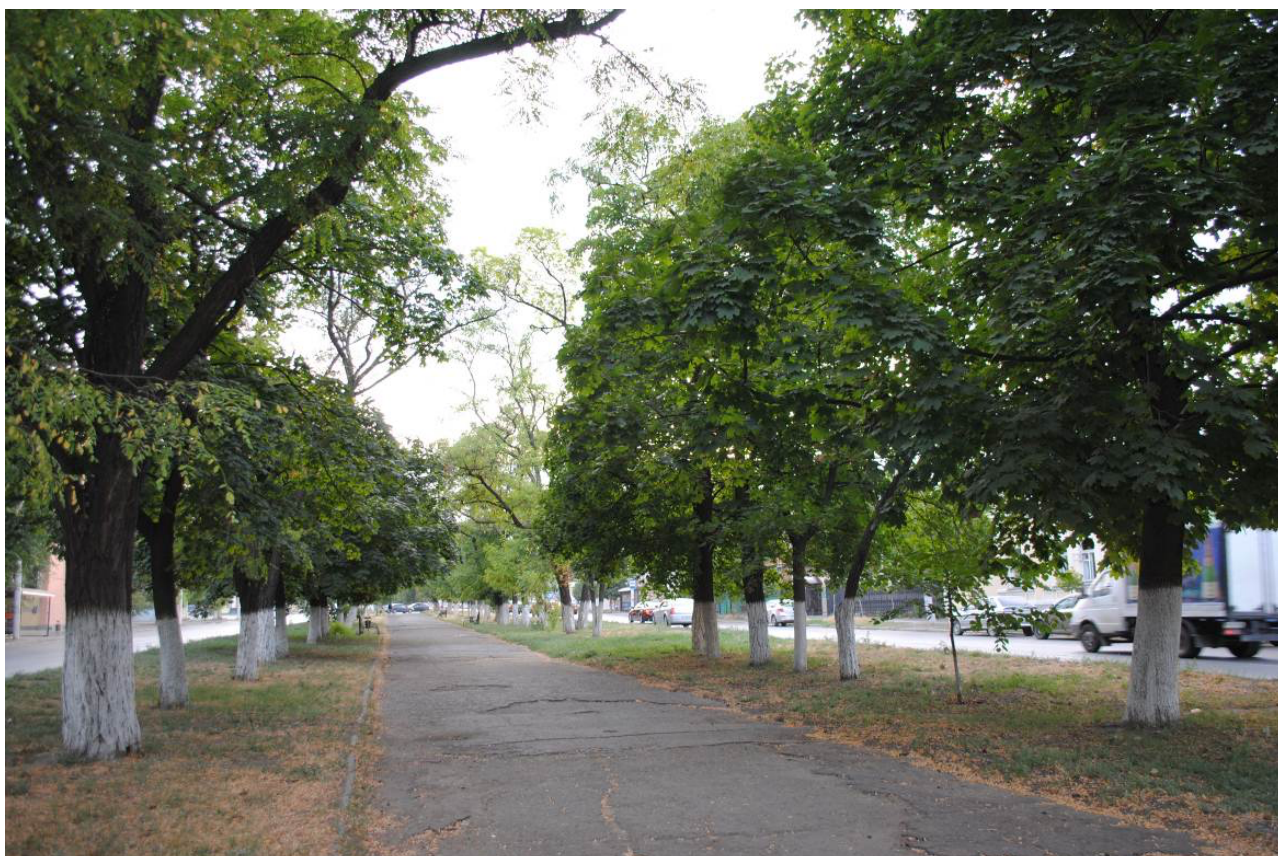


Рисунок 2. Аллейные насаждения *Acer platanoides* L. на пр-те Баклановском г. Новочеркасск

В ландшафтной архитектуре большое значение имеет декоративная долговечность.

Декоративная долговечность – это сохранение главного декоративного признака в течение длительного промежутка времени. Чаще всего за такой декоративный признак принимается естественная форма кроны.

Для Ростовской области Л.О. Похилько разработана шкала декоративной долговечности интродуцентов [9]:

1. Виды, сохраняющие декоративные качества 50 и более лет;
2. Виды, сохраняющие декоративные качества от 30 до 50 лет;
3. Недолговечные виды, сохраняющие декоративные качества до 25-30 лет.

A. platanoides L. и *A. pseudoplatanus* L. принадлежат ко 2 группе декоративной долговечности, *A. saccharinum* L. к 1 группе.

Изучаемые виды рода *Acer* L. по-разному сохраняют форму кроны с возрастом. По данным многолетних наблюдений *A. platanoides* L. и *A. pseudoplatanus* L. сохраняют естественную форму кроны до 50 - 60 лет при отсутствии затенения и определены к 1 группе декоративной долговечности.

В таблице 1 представлена декоративная долговечность *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L., *A. negundo* L. в различных типах зеленых насаждений Ростовской агломерации.

Таблица 1. Декоративная долговечность некоторых видов рода *Acer* L. по архитектонике кроны, произрастающих в условиях Ростовской агломерации

Вид	Форма кроны по Колесникову А.И. (1974)	Декоративная долговечность по нашим наблюдениям, лет			Группа долговечности*
		Парки	Скверы	Уличные насаждения	
<i>Acer platanoides</i> L.	широкоокруглая	80±5	60±5	60±5	1
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	овальная	50±5	50±5	50±5	1
<i>Acer saccharinum</i> L.	широкоокруглая или яйцевидная	45±5	45±5	45±5	2
<i>Acer negundo</i> L.	неравномерно развитая	25±5	25±5	20±5	3

*определена по шкале Л.О. Похилько (2009)

В отличие от *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L. более быстрорастущий вид, но менее долговечный. Суховершинность наблюдается после 45 лет, а это значит, что деревья *A. saccharinum* L. требуют обрезки и вмешательства в естественную форму кроны. На основании того, что *A. saccharinum* L. сохраняет архитектонику кроны 30 лет и более, то он отнесен ко 2 группе декоративной долговечности.

По результатам наших исследований следует отметить, что *A. negundo* L. нецелесообразно использовать в Ростовской агломерации из-за его ивазивности, но если контролировать его семенное возобновление, то этот вид можно рекомендовать для быстрого озеленения новостроек, а декоративные формы использовать в ландшафтном строительстве в посадках солитерами и небольшими декоративными древесными группами.

Для посадки вдоль улиц, бульваров, проспектов наиболее предпочтительными являются крупные по размерам древесные растения, обладающие фитонцидными и пылезадерживающими способностями, а также толерантные к плодородию и влажности почв (*A. platanoides* L., *A. saccharinum* L., *A. pseudoplatanus* L.).

В старейшей (исторической) части городов следует высаживать клен остролистный и его шаровидную форму (*A. platanoides* L. и *A. platanoides* 'Globosum'). Клен шаровидный интересен в городском озеленении тем, что достигает небольших размеров, деревья с прекрасной шаровидной кроной, удерживающей свою форму без обрезки.

Солитер в садово-парковом строительстве (ландшафте) – это декоративная объемная композиционная доминанта в пространстве.

В парковых насаждениях солитер играет роль акцента или центра композиции; формирует переход от закрытого пространства к открытому. Виды рода Клен перспективные в качестве солитеров: клен остролистный и его формы, клен ложноплатановый и формы, клен ясенелистный - золотистая и пестролистная формы. Для живых изгородей наиболее предпочтительными являются клен Гиннала, клен татарский, клен полевой.

Представленные виды рода *Acer* L. пользуются несомненной популярностью в садово-парковом строительстве, для солитерных посадок в парках и на бульварах, в массивных насаждениях, а также для создания тени вдоль аллей, что является, несомненно, актуальным вопросом в условиях засушливой степи.

Композиционный подбор древесно-кустарникового ассортимента в основном ориентируется на назначение проектируемого садово-паркового ландшафта и требует соответствующих различий в построении. Декоративные достоинства древесных растений для городских парков, скверов принципиально иные, чем для лесопарка или рекреационных зон [10].

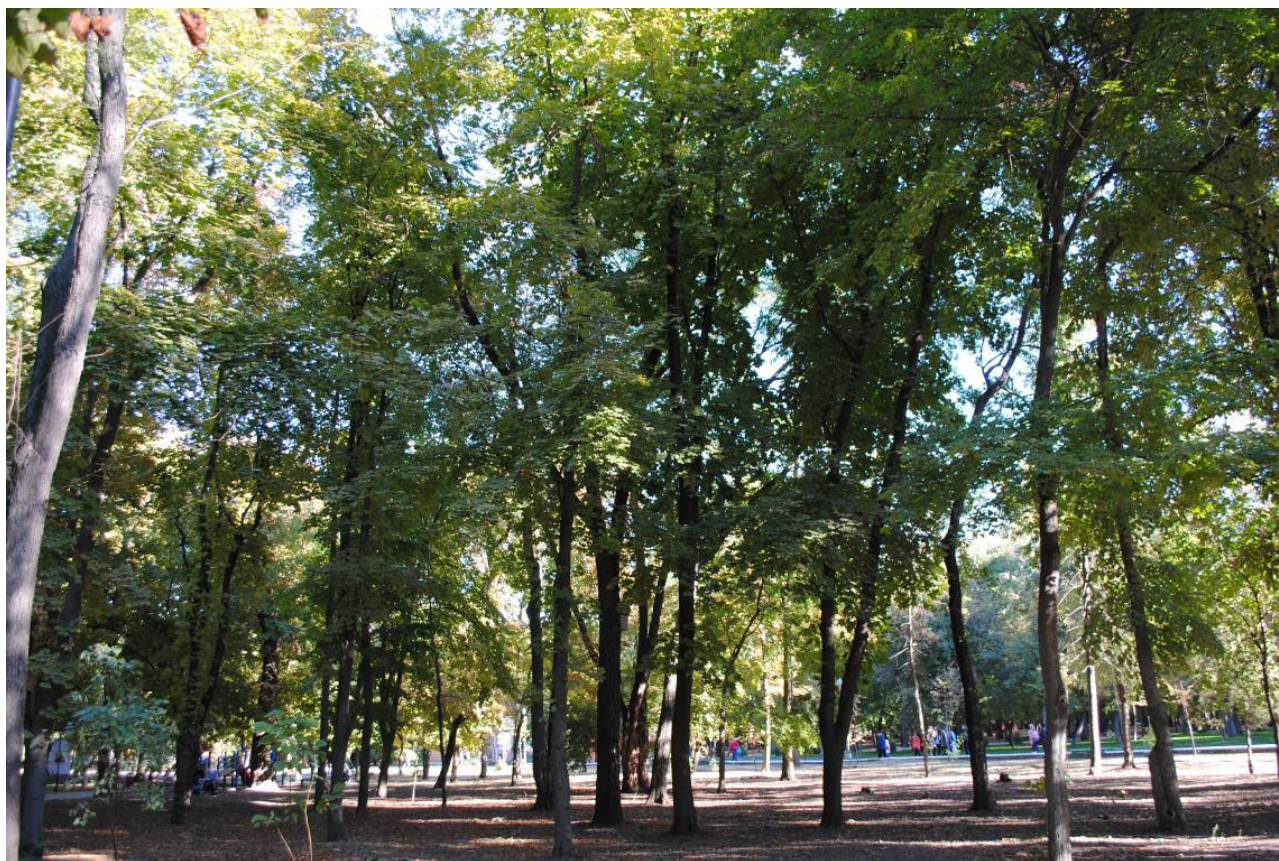




Рисунок 3. *Acer platanoides* L. в массиве и группах (парк Революции г. Ростов-на-Дону)

Главные декоративные свойства древесных растений, учитываемые при создании объектов общего пользования – это размеры растения и форма кроны [6].

Для достижения хорошего обзора доминирующего вертикального элемента ландшафта расстояние от растения до наблюдателя должно соответствовать двойной высоте вертикального элемента. Расстояние между группами должно быть эквивалентно двойному диаметру проекции крон.

При подборе древесно-кустарниковых пород в качестве солитеров и при построении композиционных групп необходимо учитывать возрастные изменения размеров растений, так как они являются основными показателями [14, 16].

Возрастная динамика размеров видов рода *Acer* L. и показатели средних высот и диаметров на пробных площадях, на которых представители рода *Acer* L. росли изолированно (в чистом виде), представлены на рисунках 4,5.

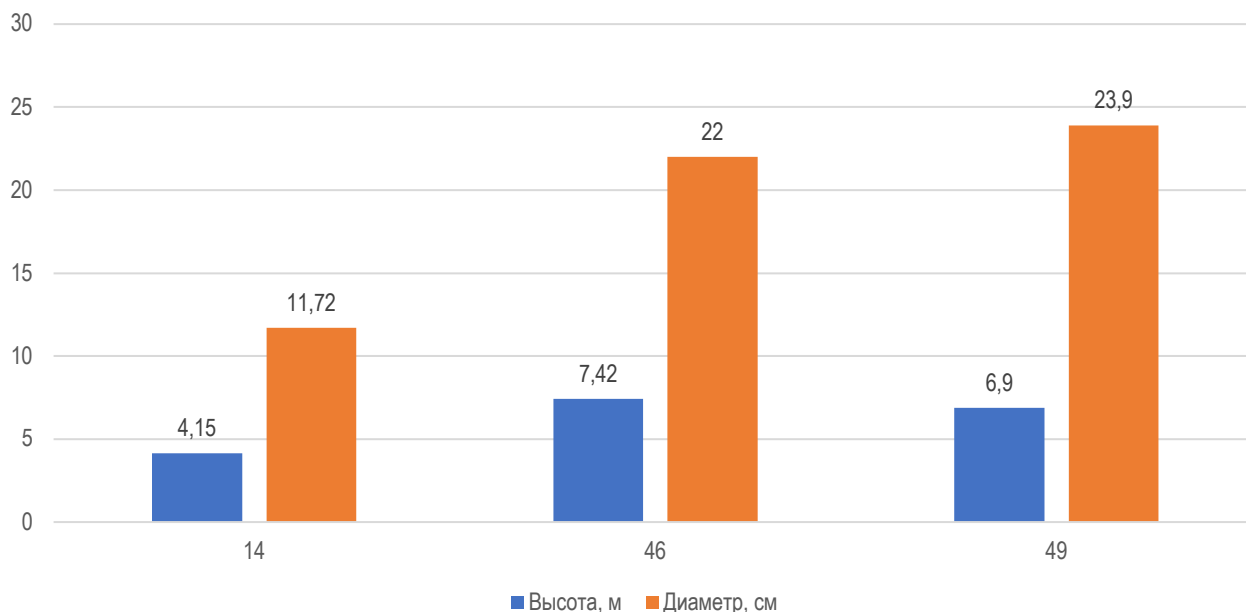


Рисунок 4. Средние высоты и диаметры *A. pseudoplatanus* L. в различном возрасте

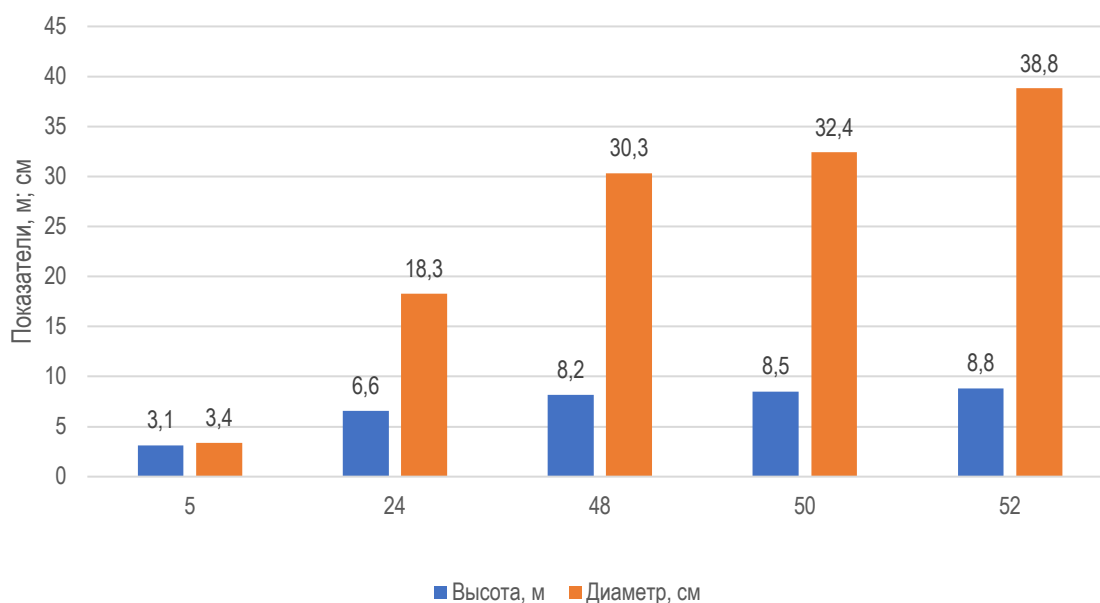


Рисунок 5. Средние высоты и диаметры *A. saccharinum* L. в различном возрасте

При подборе древесного ассортимента растений необходимо учитывать не только соответствие используемых видов лесорастительным условиям, но и их аллелопатические свойства при совместном произрастании [10]. На объектах общего пользования наиболее выраженным будет аллелопатическое влияние растений друг на друга.

Также на объектах ландшафтного строительства не стоит недооценивать механическое и биофизическое влияние одних растений на других. Механическое влияние оказывает воздействие на внешние декоративные свойства растений, биофизическое на размеры.

Механическое и биофизическое влияния проявляются постепенно, это объясняется тем, что высаженные на объект древесные растения первое время находятся в фазе индивидуального роста и большого влияния друг на друга не оказывают. По мере смыкания крон, взаимопроникновения

корневых систем близко растущих древесных растений, происходит разделение деревьев по внешнему развитию.

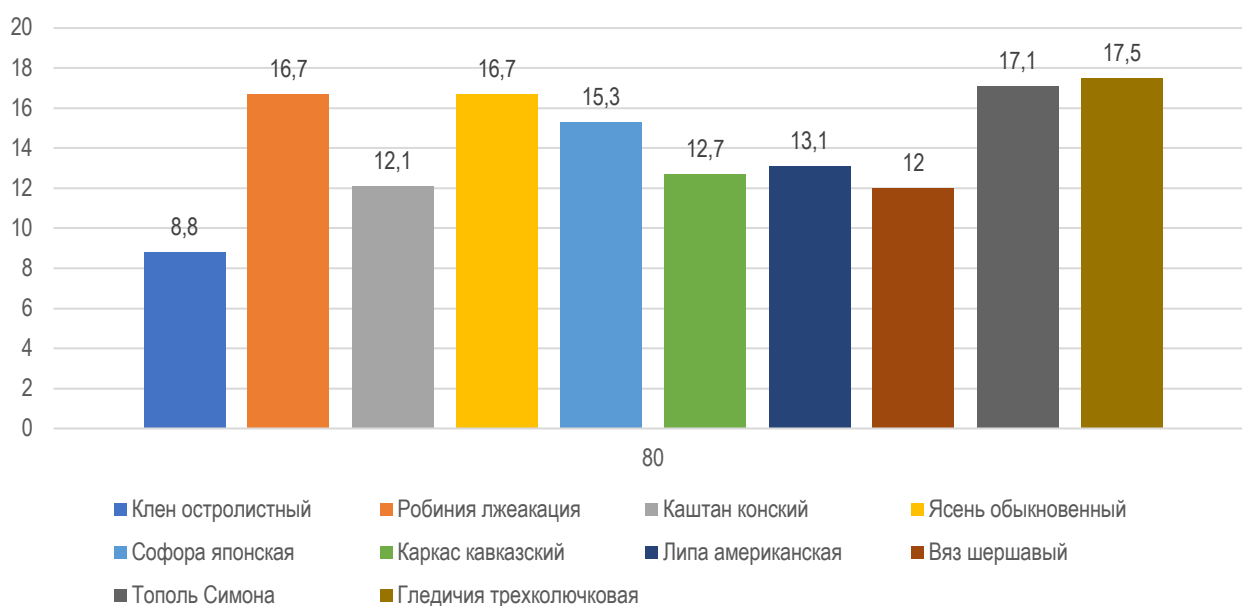
Нами проведено сравнение высоты клена с другими видами для определения характера аллелопатического влияния древесных пород при совместном произрастании с кленом.

В 42-43 года клен остролистный достигает высоты 6,44-6,87 м, затем рост клена усиливается и к 74 годам его средняя высота составляет 9,84 м. В 42 года он превышает по высоте катальпу бигониевидную в 1,5 раза. Следует отметить, что в этом же возрасте (42 года) клен остролистный ниже сосны обыкновенной на 0,43 м, но разница не является статистически достоверной на 95% уровне ($t_{\text{табл}}(1,96) \geq t_{\text{факт}}(0,798)$).

В условиях степной зоны робиния лжеакация преимущественно перегоняет клен остролистный в росте, смещая его во второй ярус к 50 годам. В возрасте 28 лет прирост клена по высоте составляет 2,87 м.

В 80 лет клен остролистный достигает средней высоты 8,88 м и превышает по высоте липу американскую. Робиния лжеакация, ясень обыкновенный, каркас кавказский, липа мелколистная, вяз шершавый и др. превосходят его по высоте в 1,5-1,97 раза.

Сходная ситуация наблюдается и в росте клена остролистного по диаметру при подревном смещении с другими породами. Под пологом других древесных растений, его ростовые процессы значительно замедляются (рисунок 6).



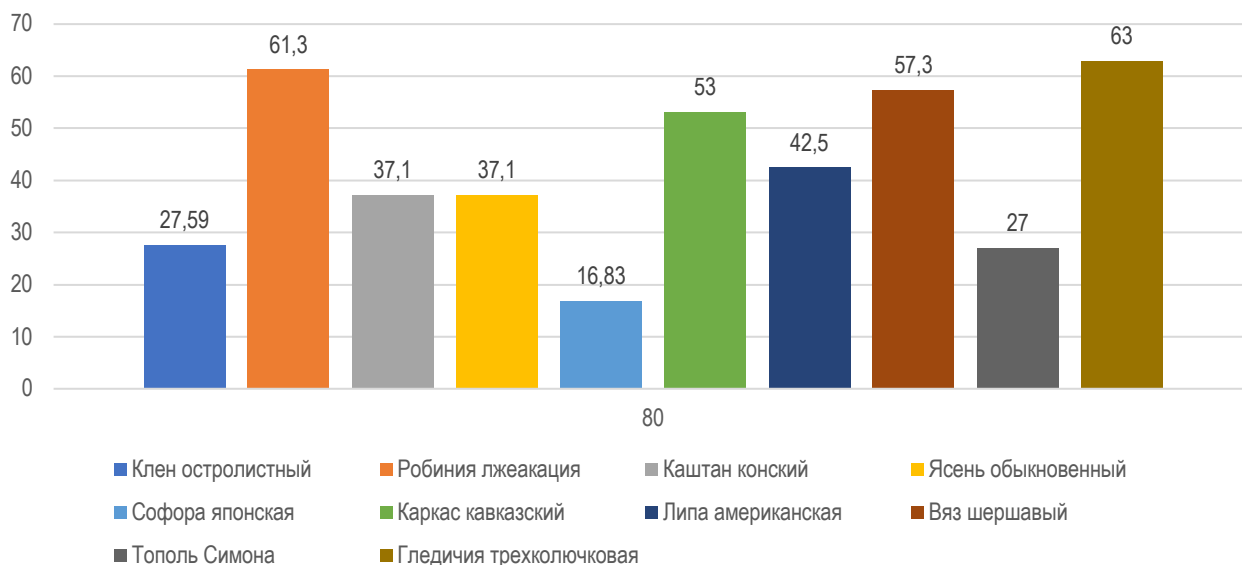


Рисунок 6. Сравнение средних высот и диаметров *A. platanoides* L. с другими видами в возрасте 80 лет

При использовании *Acer* L. в составе смешанных декоративных древесно-кустарниковых групп, быстрорастущие виды к 30 годам значительно превосходят его по высоте. Происходит смещение клена во второй ярус, следовательно, снижается декоративность и долговечность кленовых насаждений.

Заключение

1. Лучшие показатели природной комфортности в парках города Ростова-на-Дону отмечены в ПК и О имени Октябрьской Революции, имени 1 Мая, имени Вити Черевичкина, ПК и О им. Ленина (г. Батайск), Александровский сад (г. Новочеркасск).
2. Клены не одинаково сохраняют такой декоративный признак, как форма кроны с возрастом. Клены остролистный и ложноплатановый отнесены к 1 группе декоративной долговечности, клен серебристый хорошо сохраняет форму кроны и отнесен ко 2 группе декоративной долговечности.
3. В озеленительных насаждениях общего пользования доминируют виды клена остролистного в возрасте 50-60 лет.
4. При существующих условиях произрастания наилучшее состояние видов рода Клен отмечается в возрасте до 50 лет, затем происходят процессы деградации, обусловленные возрастными категориями и видовой принадлежностью.
5. При введении рода Клен в состав смешанных декоративных групп, быстрорастущие виды значительно превосходят его по высоте уже к 30 годам, смещая во второй ярус и снижая декоративность и долговечность.

Список литературы

1. Вергунов А.П. Архитектурная композиция садов и парков: учеб. пособие. М.: Стройиздат, 1980. 253 с.
2. Вергунов А.П., Денисов М.Ф., Ожегов С.С. Ландшафтное проектирование: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1991. 239 с.
3. Колганова И.С. Перспективность применения представителей рода *Acer* L. в озеленении городов Ростовской агломерации на основе оценки биологического потенциала // Международные научные исследования. 2017. №3. С. 36-41.
4. Таран С.С., Матвиенко Е.Ю., Колганова И.С. Клен ложноплатановый (*Acer pseudoplatanus* L.) в озеленении южных городов степной зоны России // Опыт восстановления

исторических садов и парков : матер. IV междунар. чтения памяти Т.Б. Дубяго (26-28 сент. 2012 г.) / ГЛТА. СПб., 2012. С. 315-319.

5. Колганова И.С., Таран С.С. Рекомендации по использованию видов рода *Acer* L. в ландшафтном озеленении Ростовской агломерации // Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ. Новочеркасск, 2017. 24 с.

6. Колесников А.И. Декоративная дендрология. М.: Лесн. пром-сть, 1974. С. 408-428.

7. Машинский Л.О. Город и природа (Городские зеленые насаждения). М.: Стройиздат, 1973. 227 с.

8. Меринов Ю.Н., Меринова Ю.Ю. Делимитация Ростовской агломерации // Интернет-журнал «Науковедение», 2014. № 6. С. 84.

9. Похилько Л.О. Экологические принципы формирования ассортимента древесных растений в озеленении г. Ростова-на-Дону: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2009. 26 с.

10. Руководство по проектированию парков / Белорус. гос. н.-и. и проект. ин-т градостроительства. Мн.: Полымя, 1980. 140 с.

11. Семенютина А.В. Ассортимент деревьев и кустарников для мелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны : науч.-метод. рекомендации. М., Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. 60 с.

12. Семенютина А.В., Подковырова Г.В. Многофункциональная роль адаптивных рекреационно-озеленительных насаждений в условиях урбанизированных территорий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 3 (23). С. 37-43.

13. Семенютина А.В., Подковыров И.Ю., Таран С.С. Эффективность использования кластерного метода при анализе декоративных достоинств озеленительных насаждений // Глобальный научный потенциал. 2014. № 7 (40). С. 48-51.

14. Теодоронский В.С., Жеребцова Г.Л. Озеленение населенных мест. Градостроительные основы : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2010. 256 с.

15. Le Hardy De Beaulieu A., Mechelynck A.L. An Illustrated Guide to Maples. – Portland : Timber Press, 2003. – 464 p.

16. Semenytina A.V., Podkovyrov G.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Svintsov I.P., Semenytina V.A., Podkovyrov I.Yu. Engineering implementation of low-forest regions. International journal of mechanical engineering and technology. 2018. Vol.9. Issue 10. pp. 1415-1422.

Innovative approaches in the use of species of the genus *Acer* L. in landscaping plantings of agglomerations of the dry steppe

Irina S. Kolganova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute -
branch of the Don State Agrarian University

Novocherkassk, Russia

I.S.Kolganova@yandex.ru

 0000-0001-7856-2618

Sergey S. Taran

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute -
branch of the Don State Agrarian University

Novocherkassk, Russia

I.S.Kolganova@yandex.ru

 0000-0002-4891-697X

Received 16.12.2020

Accepted 11.01.2021

Published 15.03.2021

 10.25726/s0738-1779-8065-a

Abstract

Species of the genus *Acer* L. are valued in garden and Park construction, for single planting in parks and on boulevards, in massifs, as well as for creating shady alleys, which is undoubtedly a topical issue in arid steppe conditions. The most favorable combination of natural components is observed in Park areas. The best indicators of natural comfort in the parks of the city of Rostov-on-don are noted in the PC and O im. Revolution, may 1, im. Viti cherevichkina, in the city of Bataysk in PC and O im. Lenin, in the city of Novocherkassk-Alexander garden. Uncomfortable conditions are associated with areas of pollution of the natural environment. These are mainly roads and transport interchanges. Bolshaya Sadovaya street (Rostov-on-don), Yermak Ave. and Baklanovsky Ave. (Novocherkassk), where *Acer pseudoplatanus* L. and *Acer platanoides* L. grow according to our research, have the lowest level of comfort, due to high traffic congestion. In landscape architecture, decorative durability plays an important role – the preservation of a decorative feature for a long period of time. The natural shape of the crown is taken as such a sign. Maples do not equally retain such a basic decorative feature as the shape of the crown with age. *Acer platanoides* L. and *Acer pseudoplatanus* L. according to the results of observations retain the natural shape of the crown in the absence of shading for up to 50-60 years and are assigned to the 1 group of decorative durability. Silver maple retains the shape of the crown well for more than 30 years, so it is assigned to the 2 group of decorative durability.

Keywords

Acer L. (maple), landscaping, public use items, park, square, avenue, street plantings, durability, dry steppe, durability, innovative approaches

References

1. Vergunov A.P. Arhitekturnaja kompozicija sadov i parkov: ucheb. posobie. M.: Strojizdat, 1980. 253 s.
2. Vergunov A.P., Denisov M.F., Ozhegov S.S. Landshaftnoe proektirovanie: ucheb. posobie. M.: Vysshaja shkola, 1991. 239 s.
3. Kolganova I.S. Perspektivnost' primeneniya predstavitelej roda *Acer* L. v ozelenenii gorodov Rostovskoj aglomeracii na osnove ocenki biologicheskogo potentsiala // Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya. 2017. №3. S. 36-41.
4. Taran S.S., Matvienko E.Ju., Kolganova I.S. Klen lozhnoplatanovyj (*Acer pseudoplatanus* L.) v ozelenenii juzhnyh gorodov stepnoj zony Rossii // Opyt vosstanovleniya istoricheskikh sadov i parkov : mater. IV mezhdunar. chtenija pamjati T.B. Dubjago (26-28 sent. 2012 g.) / GLTA. SPb., 2012. S. 315-319.
5. Kolganova I.S., Taran S.S. Rekomendacii po ispol'zovaniju vidov roda *Acer* L. v landshaftnom ozelenenii Rostovskoj aglomeracii // Novocherkasskij inzhenerno-meliorativnyj institut FGBOU VO Donskoj GAU. Novocherkassk, 2017. 24 s.
6. Kolesnikov A.I. Dekorativnaja dendrologija. M.: Lesn. prom-st', 1974. S. 408-428.
7. Mashinskij L.O. Gorod i priroda (Gorodskie zelenye nasazhdenija). M.: Strojizdat, 1973. 227 s.
8. Merinov Ju.N., Merinova Ju.Ju. Delimitacija Rostovskoj aglomeracii // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE», 2014. № 6. S. 84.
9. Pohil'ko L.O. Jekologicheskie principy formirovanija assortimenta drevesnyh rastenij v ozelenenii g. Rostova-na-Donu: avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk. Rostov-na-Donu, 2009. 26 s.
10. Rukovodstvo po proektirovaniju parkov / Belorus. gos. n.-i. i proekt. in-t gradostroitel'stva. Mn.: Polymja, 1980. 140 s.

11. Semenjutina A.V. Assortiment derev'ev i kustarnikov dlja melioracii agro- i urbolandshaftov zasushlivoj zony : nauch.-metod. rekomendacii. M., Volgograd: VNIALMI, 2002. 60 s.
12. Semenjutina A.V., Podkovyrova G.V. Mnogofunkcional'naja rol' adaptivnyh rekreacionno-ozelenitel'nyh nasazhdenij v uslovijah urbanizirovannyh territorij // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. № 3 (23). S. 37-43.
13. Semenjutina A.V., Podkovyrov I.Ju., Taran S.S. Jefferktivnost' ispol'zovanija klasternogo metoda pri analize dekorativnyh dostoinstv ozelenitel'nyh nasazhdenij // Global'nyj nauchnyj potencial. 2014. № 7 (40). S. 48-51.
14. Teodoronskij V.S., Zherebcova G.L. Ozelenenie naselennyh mest. Gradostroitel'nye osnovy : ucheb. posobie dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija. M.: Akademija, 2010. 256 s.
15. Le Hardy De Beaulieu A., Mechelynck A.L. An Illustrated Guide to Maples. – Portland : Timber Press, 2003. – 464 p.
16. Semenyutina A.V., Podkovyrova G.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Svintsov I.P., Semenyutina V.A., Podkovyrov I.Yu. Engineering implementation of low-forest regions. International journal of mechanical engineering and technology. 2018. Vol.9. Issue 10. pp. 1415-1422.

Опыт интродукции хвойных растений в условиях сухой степи

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Максим Вячеславович Цой

Аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
tsoy-m@vfanc.ru
 0000-0003-2139-7919

Василий Васильевич Сапронов

Соискатель, директор Нижневолжской станции по селекции древесных пород
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0001-6945-0905

Поступила в редакцию 16.11.2020

Принята 14.01.2021

Опубликована 15.03.2021

 10.25726/17664-5483-8738-s

Аннотация

В Волгоградской области единственным аборигенным представителем хвойных древесных растений является *J. sabina* L., существования популяции одного представителя хвойных свидетельствует об однородности дендрофлоры, что может привести к деструкции экосистемы в целом. Интродукция растений как инструмент на пути к достижению биоразнообразия дендрофлоры, является наиболее практичным и перспективным методом в условиях сухой степи. Целью исследования, являлось проведение биоэкологической оценки и жизненного состояния хвойных древесных растений, а также определение степени интродукционной устойчивости условиях сухой степи. Проведена оценка шести интродуцированных древесных растений в дендроколлекциях ФНЦ Агроэкологии РАН: *Juniperus virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco. Определены сроки наступления и длительность основных фенологических фаз методикой фенологических наблюдений ГБС. При отклонении среднегодовой температуре воздуха выше нормы на 1,05 °C и годовой суммы осадков 75% от нормы, длительность проявления периода вегетации составила у *J. sabina* L. – 58 дней, самый короткий период у *J. communis* L. – 41 день, *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco 55 дней, *J. virginiana* L. – 56 дней, *T. occidentalis* L. – 71 день, *P. orientalis* (L.) Franco – 68 дней. В рамках эколого-биологической оценки были исследованы такие показатели как зимостойкость, засухоустойчивость, характер пыления

и семеношения. Отдельно был исследован семенной материал методом определения массы 1000 семян. Также была дана оценка декоративности, по которой определялась специфика применения того или иного вида для целей озеленения. В результате проведенных исследований рассчитали значения акклиматизационного числа для каждого вида, по которому определена степень интродукционной устойчивости в условиях сухой степи. В ходе проделанной работы даны практические рекомендации по посадке хвойных деревьев кустарников для целей озеленения.

Ключевые слова

Интродукция, декоративность, *Juniperus sabina*, *Juniperus virginiana*, *Juniperus communis*, *Platycladus orientalis*, *Thuja occidentalis*, *Pseudotsuga menziesii*, glauca, viridis, озеленение

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200195-4), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Интродукция древесных растений решает ключевые проблемы, связанные с выявлением закономерностей произрастания древесных растений в новой среде, сохранения их в условиях культуры и практические задачи по наиболее рациональному использованию растительных ресурсов. Основными критериями при подведении итогов интродукции, которыми необходимо руководствоваться степенью адаптации растений к новым условиям окружающей среды, а также уровень сохранности полезных свойств для хозяйственного использования. При оценке успешности интродукции должны использоваться достоверные, объективные и технически простые методы диагностики [1-4].

Объектами исследования, являлись *Juniperus virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco.

Изучение сезонных ритмов развития интродуцентов проводилось методом фенологических наблюдений Главного ботанического сада. Характеристика декоративности, роста и развития в условиях светло-каштановых почв, оценка репродуктивной способности, особенности размножения различных видов в культуре выявлялись по методикам ФНЦ агроэкологии РАН [1,2,3]. Для изучения семенного материала был применен метод определения массы 1000 семян. Для статистической обработки данных использовались стандартные алгоритмы: средняя арифметическая с абсолютной и относительной ошибками, коэффициент вариации, точность опыта [3,4].

Цель исследований – проведение биоэкологической оценки и жизненного состояния хвойных древесных растений, а также определение степени интродукционной устойчивости в условиях сухой степи.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись виды *Juniperus virginiana* L. (20 лет, высота 5 метров), *J. communis* L. (11 лет, высота 1,9 метров), *J. sabina* L. (9 лет, высота 0,5 метров), *Thuja occidentalis* L. (11 лет, высота 2,4 метра), *Platycladus orientalis* (L.) Franco (20 лет, высота 3,8 метра), *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco (20 лет, высота 6,9 метров), интродуцированные в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (рисунки 1-4, таблица 1).

В природе, данные представители хвойных произрастают в субарктических и умеренных поясах Евразии и Северной Америки [5-8]:

- Родина Можжевельника виргинского (*Juniperus virginiana* L.) - Северная Америка (от Канады-Флориды)
- Можжевельника обыкновенного (*J. communis* L.) - Европа, Сибирь, Северная Америка
- Туя западная (*Thuja occidentalis* L.) – Восточная часть Северной Америки
- Плосковеточник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) – Восточный Китай
- Можжевельник казацкий (*J. sabina* L.) – горы Средней и Южной Европы, Сибири,

Кавказе, Малой Азии

- *Pseudotsuga menziesii* (Milb) Franco - западные районы Северной Америки

В Нижнем Поволжье единственным представителем хвойных таксонов является можжевельник казацкий, остальные все произрастающие виды хвойных интродуцированы. В природе можжевельник виргинский может достигать до 30 м. в высоту и диаметром ствола до 150 см.; можжевельник обыкновенный высотой до 10 м. диаметр ствола до 200 см; можжевельник казацкий в высоту как правило до 1,5 м.; туя западная до 12 м., с диаметром ствола до 60-90 см.; плосковеточник восточный вырастает до 20 м. и диаметром ствола до 150 см., лжетсуга может достигать до 100 метров в высоту (таблица 1,2).



Рисунок 1. Объекты исследования: А - *Juniperus virginiana* L., Б - *J. communis* L., В - *Thuja occidentalis* L., Г - *Platycladus orientalis* (L.) Franco, Д - *Pseudotsuga menziesii* (Milb) Franco, Е - *J. sabina* L.

Таблица 1. Основные биометрические показатели исследуемых видов

Вид	Возраст, лет	Высота, см	Диаметр ствола на 1,3 м, см
<i>Juniperus virginiana</i> L.	20	500	5
<i>J. communis</i> L.	11	190	1,3
<i>J. sabina</i> L.	9	50	-
<i>Thuja occidentalis</i> L.	11	240	2
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	20	380	4
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Milb) Franco	20	690	10,9

Таблица 2. Характеристика хвойных деревьев и кустарников [9-16]

Вид	Ареал	Краткая характеристика	Способы размножения
<i>Juniperus virginiana</i> L.	Северная Америка (Канада-Флорида)	Вечнозелёные однодомные (реже однодомные) деревья (реже кустарники). До 30 метров высотой. Хвоя мелкая, чешуевидная и игловидная, тёмно-зелёная. Шишкоягоды яйцевидные с сизым налетом, с 1-2 семенами.	Семенами
<i>Juniperus communis</i> L.	Европа, Сибирь, Северная Америка	Вечнозелёные однодомные деревья и кустарники. До 10 метров высотой. Хвоя мелкая, игловидная с выраженной устьичной полосой, зелёная. Шишкоягоды круглые, 3 (реже 1-2) семенами.	Семенами
<i>Juniperus sabina</i> L.	Горы Средней и Южной Европы, Сибири, Кавказ, Малая Азия	Двудомный хвойный кустарник, высотой до полутора метра. Хвоя у молодых растений игловидная, у взрослых растений чешуевидная, окраска синевато-зелёная. Шишкоягоды овальные, приплюснутые, бурочерные, как правило содержит 2 семени.	Семенами, черенками
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Восточная часть Северной Америки	Однодомное вечнозелёное древесное или кустарниковое растение. В высоту может достигать до 12 м. Хвоя чешуевидная плоская, зелёная. Шишки яйцевидно-продолговатые, светло-зелёные.	Семенами, черенками
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Восточный Китай	Однодомное вечнозелёное древесное растение. В высоту может достигать 18 м. Хвоя тёмно-зелёная, плоскостная. Шишки продолговатые или яйцевидные, средние чешуи несут по 1 семени, а нижние по 2.	Семенами
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Milb) Franco	Западные районы Северной Америки	Однодомное вечнозелёное хвойное древесное растение. В высоту может достигать до 100 м. Хвоя линейная, плосковатая, окраска зелёная, сизо-зелёная.	Семенами



Рисунок 2. Побеги и шишки: А - *Juniperus virginiana* L. (♀)(♂), Б - *Juniperus communis* L. (♂), В - *Juniperus sabina* L. (♀)(♂)

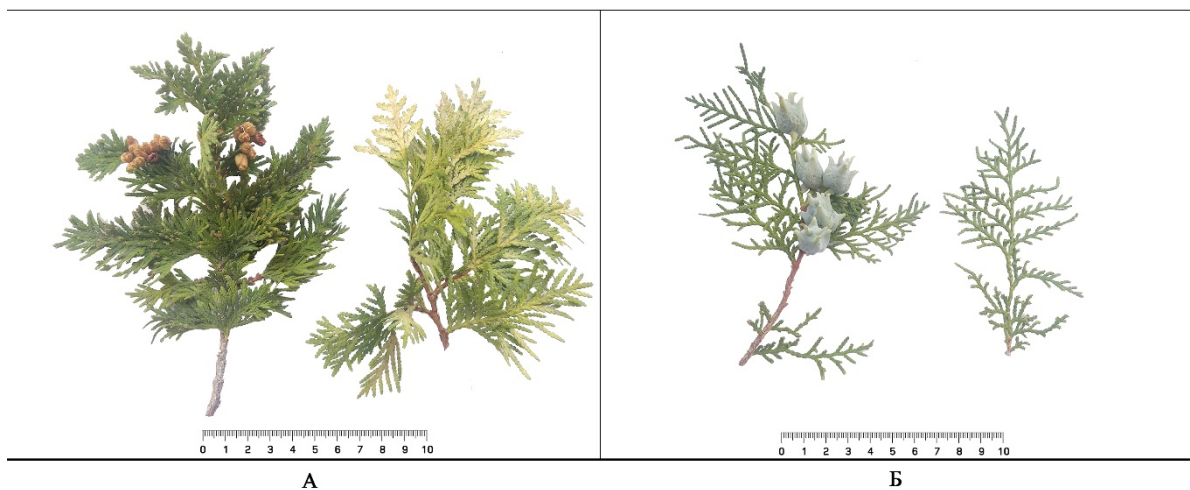


Рисунок 3. Побеги и шишки: А - *P. orientalis* (L.) Franco (♀)(♂), Б - *T. occidentalis* L. (♀)(♂)



Рисунок 4. Побеги и шишки: А - *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* (Schwer.) Franco, Б - *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Mayr) Franco

Результаты и обсуждение

Объекты исследования произрастают в сухостепной зоне, показатели среднегодовой температуры воздуха в период исследования составили выше нормы на 1,05 °C (9,05 °C), показатели влажности 75% от нормы (290,4 мм). Самый холодный месяц – январь, декабрь. Самый теплый месяц - август. Наиболее низкие показатели выпавших осадков отмечены в осенний и зимний период (рисунок 5).

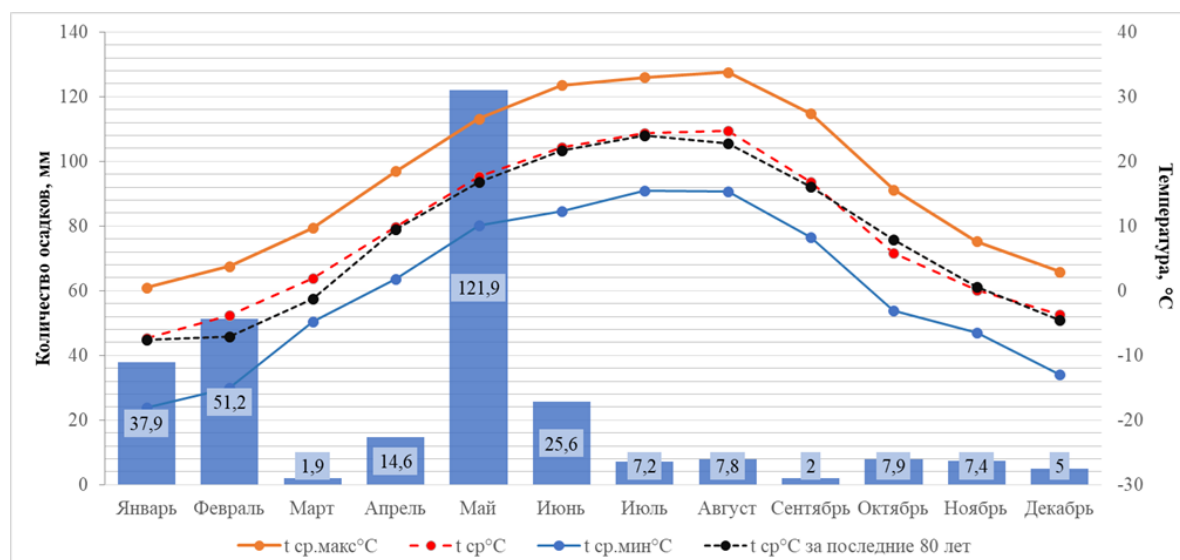


Рисунок 5. Среднемесячные температуры в период исследования и отношение к среднемесячной многолетней температуре (2020)

Фенологические наблюдения за можжевельниками в условиях Волгоградской области выявили сроки начала набухания почек с неольшими отклонениями до 2х дней, Период пыления у можжевельника виргинского и можжевельника казацкого и продолжался от 7-11 дней и заканчивается 19-21 апреля, период пыления соответствовал холодному периоду месяца (с 10-23 апреля), однако

данные условия не повлияли на пыление растений. У можжевельника обыкновенного период пыления наступает 22-30 апреля (таблица 3,4).

Самый длинный период роста побегов наблюдается у *T. occidentalis* L. – 71 день, *P. orientalis* (L.) Franco – 68 дней, самый короткий период у *J. communis* L. – 41 день, *J. sabina* L. – 58 дней, *J. virginiana* L. – 56 дней, *Pseudotsuga menziesii* (Milb) Franco 55 дня (таблица 3,4).

Таблица 3. Наступление основных фенологических фаз *Juniperus* L.

Виды	Фенологические фазы*						
	П61	П62	П63	Ц2	Ц4	Ц5	П64
<i>J. virginiana</i> L.	1. IV	3. IV	1. IV	2. IV	2. IV	2. IV	3. VI
<i>J. sabina</i> L.	2. IV	2. IV	3. IV	1. IV	2. IV	3. IV	3. VI
<i>J. communis</i> L.	2. IV	3. IV	1. IV	3. IV	3. IV	3. IV	1. VI

*П61 -набухание вегетативных почек; П62 -распускание вегетативных почек; П63 - начало роста побегов; П64 - окончание роста побегов; Ц2 - распускание генеративных почек; Ц4 - начало пыления; Ц5 - конец пыления

Таблица 4. Длительность проявления периода роста побегов

Вид	Апр.			Май			Июнь			Июль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>J. virginiana</i> L.												
<i>J. communis</i> L.												
<i>J. sabina</i> L.												
<i>T. occidentalis</i> L.												
<i>P. orientalis</i> (L.) Franco												
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Milb) Franco												

Многолетняя практика интродукции показывает, положительные оценки отношения растений к жаркому и засушливому климату. Наиболее перспективным видами по генеративным качествам являются можжевельник виргинский, туя западная, плосковеточник восточный, т. к. имеют высокие оценки характера цветения и семеношения, однако существует практика черенкования можжевельника казацкого и можжевельника обыкновенного тем самым компенсируется относительно низкий уровень семеношения (рисунок 6, таблица 4).

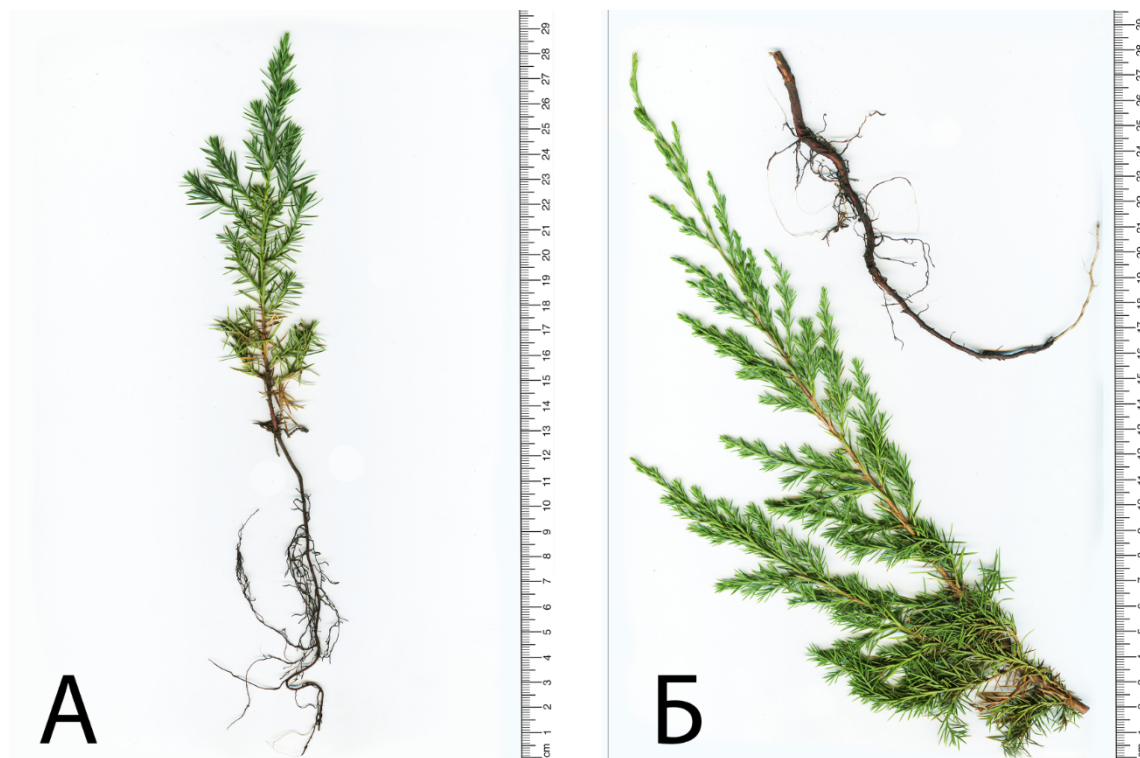


Рисунок 6. Сеянцы можжевельника виргинского, выращенные семенным способом (А – однолетние, Б – двухлетние)

Для оценки успешности интродукции использовали классическую методику оценки Кохно Н.А., по результатам которой полной акклиматизацией обладают *Juniperus virginiana* L., *J. sabina* L., хорошей акклиматизацией - *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (1950), *J. communis* L. (таблица 5,6). Успешность интродукции определяется по значениям акклиматизационного числа (А), которое рассчитывается по формуле [18-20]:

$A = P \cdot v + Гз \cdot v + Зм \cdot v + Зс \cdot v$, где:

Р – показатель роста;

Гз – показатель генеративного развития;

Зм – показатель зимостойкости;

Зс – показатель засухоустойчивости;

v – коэффициент весомости признака.

Таблица 5. Оценка успешности интродукции

Виды	Рост	Зимо-стойкость ¹	Засухо-устойчивость	Пыление	Семеношение
<i>Juniperus virginiana</i> L.	отличное	отличное	отличное	отличное	хорошее
<i>J. sabina</i> L.	отличное	отличное	отличное	редкое	редкое
<i>J. communis</i> L.	хорошее	отличное	отличное	удовлетворительное	удовлетворительное
<i>Thuja occidentalis</i> L.	хорошее	отличное	отличное	отличное	отличное
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	отличное	хорошее	отличное	хорошее	хорошее
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	хорошее	отличное	отличное	отличное	хорошее

(Mirb.) Franco (1950)					
--------------------------	--	--	--	--	--

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

Таблица 6. Интродукционная устойчивость в условиях сухой степи

Степень акклиматизации	Значение акклиматизационного числа	Вид
– полная	100	<i>Juniperus virginiana</i> L., <i>J. sabina</i> L.
– хорошая	90-80	<i>Thuja occidentalis</i> L., <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco, <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco (1950), <i>J. communis</i> L.
– удовлетворительная	79-60	-
– слабая	59-40	-
– отсутствие	39 и ниже	-

Проведя сравнительную оценку декоративных достоинств все исследуемые виды заняли высокие позиции в рейтинге, по сравнению с лиственными породами (от 183 до 206 баллов, в рейтинге заняли с 1-5 места) (таблица 7).

Таблица 7. Оценка декоративных достоинств

Декоративный признаки (балл) и длительность проявления (месяц)	Вид									
	<i>J. virginiana</i> L.	<i>J. communis</i> L.	<i>J. sabina</i> L.	<i>T. occidentalis</i> L.	<i>P. orientalis</i> (L.) Franco	<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i> (Schwer.) Franco	<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i> (Mayr) Franco	<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Acer platanoides</i> L.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
Цветки	2x1	2x1	2x1	2x1	2x1	2x1	2x1	3x1	3x1	5x1
Плоды, шишки, шишкоягоды	3x5	3x5	3x5	3x1	3x2	4x3	4x3	3x1	5x3	2x3
Цвет хвои (листьев)	5x12	4x12	5x12	4x12	5x12	5x12	5x12	5x1	5x1	2x1
Кора	3x12	3x12	3x12	3x12	3x12	3x12	3x12	5x12	4x12	3x12
Крона	5x12	4x12	5x12	5x12	4x12	5x12	5x12	5x12	4x12	3x12
Аромат	2x12	3x12	1x12	3x12	3x12	3x12	3x12	-	-	1x1
Рейтинг видов	197(2)	185(4)	185(4)	183(5)	188(3)	206(1)	206(1)	131(6)	119(7)	86(8)

J. virginiana L. может быть использован для создания групповых, одиночных посадок, живых изгородей, а также высоких стриженных стен. Плотность кроны высокая, охвоенность равномерная. *T. occidentalis* L. имеет большое количество декоративных форм, но стоит отметить цилиндрическую форму. Данная форма кроны позволяет создавать вертикальные линии в композициях, а также провести зонирование территории, добавив завершенность и масштабность проекту озеленения. Плотность кроны высокая, охвоенность равномерная. *J. communis* L., *Pseudotsuga menziesii* (Schwer.) Franco в большей степени рассматриваются для создания групповых композиционных и одиночных посадках. Гармонично сочетается в комплексе с лиственными растениями благодаря достаточно рыхлой плотности кроны. *P. orientalis* (L.) Franco по функциональному применению форм крон схож с *J. communis* L., однако, плосковеточник менее требователен к поливу и почвам. Плотность кроны средняя имеются просветы. *J. sabina* L. – аборигенный представитель в ряду исследуемых видов, обладает

длительным периодом роста побегов. Перспективен в качестве озеленения склонов, создания зелёных островов на газоне. Крона густая, охвоенность равномерная (таблица 8,9).

Таблица 8. Оценка декоративных свойств видов рода *Juniperus*, *Platyclusus*, *Thuja*, *Pseudotsuga*

Свойства	Вид						
	<i>J. virginiana</i> L.	<i>J. communis</i> L.	<i>J. sabina</i> L.	<i>T. occidentalis</i> L.	<i>P. orientalis</i> (L.) Franco	<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i> (Schwer.) Franco	<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i> (Mayr) Franco
Высота дерева							
1 группа							
2 группа							
3 группа							
4 группа							
1 группа кустарников							
2 группа кустарников							
3 группа кустарников							
Крона							
Пирамидальная							
Цилиндрическая							
Овальная							
Яйцевидная							
Шаровидная							
Стелющаяся							
Плотные							
Полуажурные							
Ажурные							
Характер развития стволов							
Сбежистые							
Полнодревесные							
Поверхность стволов							
Гладкий							
Шероховатый							
Мозаичный							
Ямчатый							
Трещинчатый							
Чешуйчатый							
Бородавчатый							
Неблагоприятный период года							
Листопадные							
Вечнозелёные							
Хвоя							

Игольчатая							
Чешуевидная							
Гладкие глянцевые							
Гладкие матовые							
Аромат хвои							
Очень душистые							
Душистые							
Слабо душистые							
Отношение к формовочной обрезке							
Благоприятно							
Неблагоприятно							

Таблица 9. Рекомендации по посадке хвойных деревьев кустарников для целей озеленения

Наименование видов	Типы посадок				
	Уличные насаждения	Парки, скверы, внутриквартальное озеленение	Промышленные посадки	Откосы оврагов, неудобные или засоренные территории	Лесопарковая зона
<i>J. virginiana</i> L. (*, **)					
<i>J. communis</i> L. (*, **)					
<i>J. sabina</i> L. (**)					
<i>T. occidentalis</i> L. (*)					
<i>P. orientalis</i> (L.) Franco (*)					
<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i> (Schwer.) Franco (*)					
<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i> (Mayr) Franco (*)					

Примечание: * – древесное растение, ** – кустарник

Заключение

В засушливых условиях Нижнего Поволжья леса занимают менее 10-15%, львиная доля которых составляют лиственные породы. Интродукция новых видов хвойных позволяет повысить биоразнообразие флоры региона. Участие новых видов хвойных в озеленении населенных пунктов может способствовать формированию комфортных и здоровых условий жизни населения.

Проведя исследования в рамках комплексного изучения некоторых хвойных древесных растений, было отмечено, что при климатических условиях, среднегодовой температуре воздуха выше нормы на 1,05 °C, годовой суммы осадков 290,4 мм – 75% от нормы, продолжительность роста побегов составила *J. sabina* L. – 58 дней, *J. communis* L. – 41 дня, *J. virginiana* L. – 56 дней, *T. occidentalis* L. – 71 день, *P. orientalis* (L.) Franco – 68 дней, *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco 55 дней. Также

интродуцированные виды имеют высокие показатели семенной продуктивности, проявление декоративных признаков, темпам роста и отношению к стресс-факторам в сравнении с аборигенным видом.

T. occidentalis L., *P. orientalis* (L.) Franco, *J. virginiana* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco являются наиболее универсальными для применения в озеленении и неприхотливыми видами. *J. sabina* L. – местный представитель флоры, обладает самым длинным периодом роста побегов, является универсальным для применения в озеленении и неприхотливым видом. *J. communis* L., ограничен в применении в качестве объектов озеленения из-за особенностей жизненных форм. *J. communis* L., большей степени рассматриваются для создания групповых композиционных и одиночных посадках. *J. communis* L. единственный из исследуемых видов плохо переносит формовочную обрезку.

Изучаемые объекты исследований имеют большой потенциал для повышения биоразнообразия. Декоративные свойства, проявляющиеся в естественных ареалах экзотов, в полной мере раскрываются в условиях каштановых почв Волгоградской области. И могут способствовать достижению комфортной и здоровой жизни будущих поколений.

Список литературы

1. Huzhahmetova, A.S., Semenyutina, A.V., Semenyutina, V.A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2020. Vol. 9. Iss. 4. № 371. P. 6742-6746.
2. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.Y., Huzhahmetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., Podkovyrova, G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. International Journal of Pure and Applied Mathematics. Vol. 110. Iss. 2. P. 361-368. DOI: 10.12732/ijpam.v110i2.10.
3. Lazarev, S.E., Semenyutina, A.V., Belyaev, A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Vol. 9. Iss. 4. № 302. P. 6232-6237. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.
4. Kruzhilin, S.N., Taran, S.S., Semenyutina, A.V., Matvienko, E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. Kuwait Journal of Science. 2018. Vol. 45. Iss. 4. P. 52-58.
5. Pérez-Luna, A., Wehenkel, C., Prieto-Ruiz, J. Á., López-Upton, J., Solís-González, S., Chávez-Simental, J. A., & Hernández-Díaz, J. C. Grafting in conifers: A review. Pakistan Journal of Botany. 2020. Vol. 52. Iss. 4, P. 1369–1378. DOI:10.30848/PJB2020-4(10).
6. Ogunkunle, C.O., Oyediji, S., Adeniran, I.F., Olorunmaiye, K.S., Fatoba, P.O. *Thuja occidentalis* and *Duranta repens* as indicators of urban air pollution in industrialized areas of southwest Nigeria. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2019. Vol. 84. Iss. 2. P. 193-202.
7. Xu, H.-J., Wang, X.-P., Zhao, C.-Y., Yang, X.-M. Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 262. P. 1-13. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.06.027.
8. Rundel, P.W. A neogene heritage: Conifer distributions and endemism in mediterranean-climate ecosystems. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. Iss. SEP. № 364. P. 1-19. DOI: 10.3389/fevo.2019.00364
9. Wang, F., Wu, D., Yamamoto, H., Xing, S., Zang, L. Digital image analysis of different crown shape of *Platycladus orientalis*. *Ecological Informatics*. 2016. Vol. 34. P. 146-152. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2016.06.002.
10. Seim, A., Omurova, G., Azisov, E., Musuraliev, K., Aliev, K., Tulyaganov, T., Nikolyai, L., Botman, E., Helle, G., Liñan, I.D., Jivcov, S., Linderholm, H.W. Climate change increases drought stress of juniper trees in the mountains of central Asia. 2016. Vol. 11. Iss. 4. № e0153888. P. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153888.

11. Msanne, J., Awada, T., Bryan, N.M., Schacht, W., Drijber, R., Li, Y., Zhou, X., Okalebo, J., Wedin, D., Brandle, J., Hiller, J. Ecophysiological responses of native invasive woody *Juniperus virginiana* L. to resource availability and stand characteristics in the semiarid grasslands of the Nebraska Sandhills. *Photosynthetica*. 2017. Vol. 55. Iss. 2. P. 219-230. DOI: 10.1007/s11099-016-0683-y.
12. Kahveci, G., Alan, M., Köse, N. Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of central Anatolia. *Dendrobiology*. 2018. Vol. 80. P. 61-69. DOI: 10.12657/denbio.080.006.
13. Hoff, D.L., Will, R.E., Zou, C.B., Lillie, N.D. Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*. Vol. 9. Iss. 2. № 75. P. 1-17. DOI: 10.3390/f9020075.
14. Ganguli, C., Engle, D.M., Mayer, P.M., Salo, L.F. Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. 2016. Vol. 8. Iss.7. № e01433. P. 1-15. DOI: 10.1002/ecs2.1433.
15. García-Cervigón, A.I., Linares, J.C., García-Hidalgo, M., Camarero, J.J., Olano, J.M. Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*. 2018. Vol. 51. P. 22-31. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.07.003.
16. Arzac, A., García-Cervigón, A.I., Vicente-Serrano, S.M., Loidi, J., Olano, J.M. Phenological shifts in climatic re-sponse of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2016. Vol. 217. P. 35-45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.11.011.
17. Hazubska-Przybył, T. Propagation of Juniper species by plant tissue culture: A mini-review. *Forests*. 2019. Vol. 10. Iss. 11. № 1028. P. 1-17. DOI: 10.3390/f10111028.
18. Akaberi, M., Boghrati, Z., Amiri, M.S., Khayyat, M.H., Emami, S.A. A review of conifers in Iran: Chemistry, biology and their importance in traditional and modern medicine. *Current Pharmaceutical Design*. 2020. Vol. 26. Iss. 14. P. 1584-1613. DOI: 10.2174/1381612826666200128100023.
19. García-Cervigón, A.I., Velázquez, E., Wiegand, T., Escudero, A., Olano, J.M. Colonization in Mediterranean old-fields: the role of dispersal and plant-plant interactions. *Journal of Vegetation Science*. 2017. Vol. 28. Iss. 3. P. 627-638. DOI: 10.1111/jvs.12500.
20. Sillett, S.C., Kramer, R.D., Van Pelt, R., Carroll, A.L., Campbell-Spickler, J., Antoine, M.E. Comparative development of the four tallest conifer species. *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 480. № 118688. P. 1-23. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118688.

Experience of introduction of coniferous plants in the conditions of dry steppe

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Maxim V. Tsoi

Post-graduate student, Junior Researcher

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

tsoy-m@vfanc.ru

 0000-0003-2139-7919

Vasily V. Sapronov

applicant, director of the Nizhnevolzhskaya tree breeding station

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0001-6945-0905

Received 16.11.2020

Accepted 14.01.2021

Published 15.03.2021

 10.25726/17664-5483-8738-s

Abstract

In the Volgograd region, the only native representative of coniferous woody plants is *J. sabina* L., the existence of a population of one representative of coniferous plants indicates the homogeneity of the dendroflora, which can lead to the destruction of the ecosystem as a whole. Plant introduction as a tool on the way to achieving dendroflora biodiversity is the most practical and promising method in the conditions of the dry steppe. The aim of the study was to conduct a bioecological assessment of the life condition of coniferous woody plants, as well as to determine the degree of introduction resistance in the conditions of the dry steppe. Six introduced woody plants were evaluated in the dendrocollections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences: *Juniperus virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco. The timing of the onset and duration of the main phenological phases were determined by the method of phenological observations of HBS. With the deviation of the average annual air temperature above the norm by 1.05 ° C and the annual precipitation of 75% of the norm, the duration of the vegetation period was 58 days for *J. sabina* L., 41 days for *J. communis* L., 55 days for *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco, 56 days for *J. virginiana* L., 71 days for *T. occidentalis* L., and 68 days for *P. orientalis* (L.) Franco. As part of the ecological and biological assessment, such indicators as winter hardiness, drought resistance, the nature of dusting and seed-bearing were studied. Separately, the seed material was examined by the method of determining the mass of 1000 seeds. There was also an assessment of decorativeness, which determined the specifics of the use of a particular type for landscaping purposes. As a result of the conducted studies, the values of the acclimatization number for each species were calculated, according to which the degree of introduction resistance in the conditions of the dry steppe was determined. In the course of the work done, practical recommendations are given for planting coniferous trees and shrubs for landscaping purposes.

Keywords

Introduction, decorative, *Juniperus sabina*, *Juniperus virginiana*, *Juniperus communis*, *Platycladus orientalis*, *Thuja occidentalis*, *Pseudotsuga menziesii*, glauca, viridis, landscaping

The research was carried out within the framework of the state assignment (state registration number 121041200195-4), financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Huzhahmetova, A.S., Semenyutina, A.V., Semenyutina, V.A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2020. Vol. 9. Iss. 4. № 371. P. 6742-6746.
2. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.Y., Huzhahmetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., Podkovyrova, G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction

of objects of gardening. International Journal of Pure and Applied Mathematics. Vol. 110. Iss. 2. P. 361-368. DOI: 10.12732/ijpam.v110i2.10.

3. Lazarev, S.E., Semenyutina, A.V., Belyaev, A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Vol. 9. Iss. 4. № 302. P. 6232-6237. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.

4. Kruzhilin, S.N., Taran, S.S., Semenyutina, A.V., Matvienko, E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. Kuwait Journal of Science. 2018. Vol. 45. Iss. 4. P. 52-58.

5. Pérez-Luna, A., Wehenkel, C., Prieto-Ruiz, J. Á., López-Upton, J., Solís-González, S., Chávez-Simental, J. A., & Hernández-Díaz, J. C. Grafting in conifers: A review. Pakistan Journal of Botany. 2020. Vol. 52. Iss. 4, P. 1369–1378. DOI:10.30848/PJB2020-4(10).

6. Ogunkunle, C.O., Oyediji, S., Adeniran, I.F., Olorunmaiye, K.S., Fatoba, P.O. Thuja occidentalis and Duranta repens as indicators of urban air pollution in industrialized areas of southwest Nigeria. Agriculturae Conspectus Scientificus. 2019. Vol. 84. Iss. 2. P. 193-202.

7. Xu, H.-J., Wang, X.-P., Zhao, C.-Y., Yang, X.-M. Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014. Agricultural and Forest Meteorology. 2018. Vol. 262. P. 1-13. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.06.027.

8. Rundel, P.W. A neogene heritage: Conifer distributions and endemism in mediterranean-climate ecosystems. Frontiers in Ecology and Evolution. 2019. Vol. 7. Iss. SEP. № 364. P. 1-19. DOI: 10.3389/fevo.2019.00364

9. Wang, F., Wu, D., Yamamoto, H., Xing, S., Zang, L. Digital image analysis of different crown shape of *Platycladus orientalis*. Ecological Informatics. 2016. Vol. 34. P. 146-152. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2016.06.002.

10. Seim, A., Omurova, G., Azisov, E., Musuraliev, K., Aliev, K., Tulyaganov, T., Nikolyai, L., Botman, E., Helle, G., Liñan, I.D., Jivcov, S., Linderholm, H.W. Climate change increases drought stress of juniper trees in the mountains of central Asia. 2016. Vol. 11. Iss. 4. № e0153888. P. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153888.

11. Msanne, J., Awada, T., Bryan, N.M., Schacht, W., Drijber, R., Li, Y., Zhou, X., Okalebo, J., Wedin, D., Brandle, J., Hiller, J. Ecophysiological responses of native invasive woody *Juniperus virginiana* L. to resource availability and stand characteristics in the semiarid grasslands of the Nebraska Sandhills. Photosynthetica. 2017. Vol. 55. Iss. 2. P. 219-230. DOI: 10.1007/s11099-016-0683-y.

12. Kahveci, G., Alan, M., Köse, N. Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of central Anatolia. Dendrobiology. 2018. Vol. 80. P. 61-69. DOI: 10.12657/denbio.080.006.

13. Hoff, D.L., Will, R.E., Zou, C.B., Lillie, N.D. Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. Forests. Vol. 9. Iss. 2. № 75. P. 1-17. DOI: 10.3390/f9020075.

14. Ganguli, C., Engle, D.M., Mayer, P.M., Salo, L.F. Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. 2016. Vol. 8. Iss.7. № e01433. P. 1-15. DOI: 10.1002/ecs2.1433.

15. García-Cervigón, A.I., Linares, J.C., García-Hidalgo, M., Camarero, J.J., Olano, J.M. Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. Dendrochronologia. 2018. Vol. 51. P. 22-31. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.07.003.

16. Arzac, A., García-Cervigón, A.I., Vicente-Serrano, S.M., Loidi, J., Olano, J.M. Phenological shifts in climatic re-sponse of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. Agricultural and Forest Meteorology. 2016. Vol. 217. P. 35-45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.11.011.

17. Hazubska-Przybył, T. Propagation of Juniper species by plant tissue culture: A mini-review. Forests. 2019. Vol. 10. Iss. 11. № 1028. P. 1-17. DOI: 10.3390/f10111028.

18. Akaberi, M., Boghrati, Z., Amiri, M.S., Khayyat, M.H., Emami, S.A. A review of conifers in Iran: Chemistry, biology and their importance in traditional and modern medicine. *Current Pharmaceutical Design*. 2020. Vol. 26. Iss. 14. P. 1584-1613. DOI: 10.2174/1381612826666200128100023.
19. García-Cervigón, A.I., Velázquez, E., Wiegand, T., Escudero, A., Olano, J.M. Colonization in Mediterranean old-fields: the role of dispersal and plant-plant interactions. *Journal of Vegetation Science*. 2017. Vol. 28. Iss. 3. P. 627-638. DOI: 10.1111/jvs.12500.
20. Sillett, S.C., Kramer, R.D., Van Pelt, R., Carroll, A.L., Campbell-Spickler, J., Antoine, M.E. Comparative development of the four tallest conifer species. *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 480. № 118688. P. 1-23. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118688.

Модели защитных лесных насаждений с участием кустарников в условиях каштановых почв

Алия Шамильевна Хужахметова

Кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук

Волгоград, Россия

aliyasham@mail.ru

 0000-0001-5127-8844

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук

Волгоград, Россия

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Александр Иванович Беляев

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук

Волгоград, Россия

director@vfanc.ru

 0000-0001-9721-8003

Поступила в редакцию 25.11.2020

Принята 9.02.2021

Опубликована 15.03.2021

 10.25726/f3193-9353-5882-h

Аннотация

Дан научный анализ возможностей использования кустарников, как адаптивной жизненной формы для создания возобновляемой системы лесных насаждений, при ландшафтном обустройстве малолесной территории. Объекты исследований: таксоны геоксильного кустарника рода *Corylus* разных возрастных этапов, которые произрастают в Волгоградской области: в условиях южных черноземов (*C. avellana* L.), каштановых почв (*C. pontica* C. Koch. – формы 'Президент', 'Футкурами', 'Черкесский-2'; кад. № 34:34:000000:122). Использован биометрический метод в определении таксационных величин и установлении отклонений от оптимальных размеров. Цель исследований – разработать модели защитных лесных насаждений на основе изучения специфики роста таксонов *Corylus* L. в условиях каштановых почв. Установлен пик интенсивности роста основных, крону образующих побегов *Corylus pontica* - 5-7 летний возраст. Развитие надземной части в последующие десять лет (этап кустовидного роста) описывается уравнениями регрессии. Они показали взаимосвязь изменения таксационных характеристик с возрастом. Приведены показатели освещенности (от 77,0 до 108,8 kLx) в период вегетации. Установлено интенсивное формирование побеговых систем, сокращение их длительности роста, ранний переход от моноподиального (этап древовидного роста) к симподиальному типу ветвления (этап кустовидного роста) побегов. С учетом анализа структуры и морфогенеза побеговых

систем построена графическая модель их возрастного состава и расположения. Критериями выделения возрастных этапов роста - равномерность размещения, возраст побегов, способность к возобновлению. Разработаны эскизные модели защитных лесных насаждений (многорядных, в том числе на склонах крутизной 4-7°) с участием *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Quercus*, *Betula pendula* для повышения устойчивости и обогащения защитных лесных насаждений на каштановых почвах. Таксоны *Corylus* L. образуют лесную подстилку – один из факторов, влияющих на стокорегулирующие свойства насаждений. В условиях южных черноземов более чем за тридцатилетний период произрастания *Corylus* сформировало лесную подстилку до 2,0 см (масса 12,0 т/га). Установлены декоративные качества и экологические свойства кустарников *Corylus* для озеленительных насаждений.

Ключевые слова

Биоразнообразие, кустарник, *Corylus* L., специфика ростовых процессов, крона, модели, возрастные этапы, обогащение защитных лесных насаждений, каштановые почвы

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Защитные лесные насаждения относят к возобновляемым системам, которые выполняют средообразующие функции (стокорегулирующие, почвозащитные и др.) [6; 11]. На параметры системы (высота, ширина, плотность конструкции и др.) влияют почвенно-климатические условия местопроизрастания элементов (деревья, кустарники) [1; 2; 13]. В последнее время уделяется внимание расширению видового состава кустарников многоцелевого назначения [7; 5; 15]. Имеются научные разработки и рекомендации по адаптивному потенциалу и методологии подбора ценных растений [10].

В многочисленных исследованиях показаны разнообразные приспособления растительных организмов при ухудшении почвенно-климатических условий местопроизрастания. И.Г. Серебряков в своем монографическом труде указывает, на то, что сокращение роста главной оси, как один из путей приспособления к запасанию влаги, коррелятивно связано с более обильным ветвлением, в т.ч. подземной части (геоксильные кустарники). Практический и теоретический интерес в этом отношении представляют интродуценты - кустарники рода *Corylus* L. [4; 9; 8; 14].

Цель исследований – разработать модели защитных лесных насаждений на основе изучения специфики роста таксонов *Corylus* L. в условиях каштановых почв.

В задачу исследований входило: а) определение биометрических характеристик роста и развития, б) установление декоративных качеств и экологических свойств в условиях интродукции, в) разработка моделей и схем размещения растений для повышения устойчивости и обогащения защитных лесных насаждений на каштановых почвах.

Материалы и методы исследования

Таксоны рода *Corylus* разных возрастных этапов, которые произрастают в Волгоградской области: в условиях южных черноземов (*C. avellana*), каштановых почв (формы *C. pontica* – ‘Президент’, ‘Футкурами’, ‘Черкесский-2’; кад. № 34:34:000000:122). Использован биометрический метод в определении таксационных величин, как критериев для установления продолжительности возрастных этапов и отклонений от оптимальных размеров, которые зависят от жизнеспособности организма. Фиксировали приросты побегов; количество стволиков, высоту.

Каштановые почвы Нижнего Поволжья составляют около 41%. К лимитирующим факторам роста и развития кустарников относятся высокие летние (+42°C), низкие зимние температуры (до –37°C), годовая амплитуда температур (80°C), малое количество осадков (от 318 до 402 мм) [12].

Точность полученных результатов заключалась в оптимальности методов, стабильности признаков, которые служили основой для оценки, а также степени взаимосвязи диагностического признака с общей жизнеспособностью и перспективностью.

Результаты и обсуждение

Биометрические характеристики растений имеют значение не только для оценки степени приспособления к почвенно-климатическим условиям региона интродукции [3], но и для прогноза мелиоративного влияния насаждений с их участием на прилегающую территорию.

В годы изучения специфики ростовых реакций интродуцентов зафиксированы острозасушливые (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и благоприятные (2014, 2016, 2018) в гидрологическом отношении периоды.

Ростовые процессы определяются температурным режимом (рисунок 1).

Установлен пик интенсивности роста основных, крон образующих побегов *Corylus pontica* - 5-7 летний возраст. Развитие надземной части в последующие десять лет (этап кустовидного роста) описывается уравнениями регрессии. Они показали взаимосвязь изменения таксационных характеристик (высота – y ; диаметр кроны – y_d) с возрастом (x):

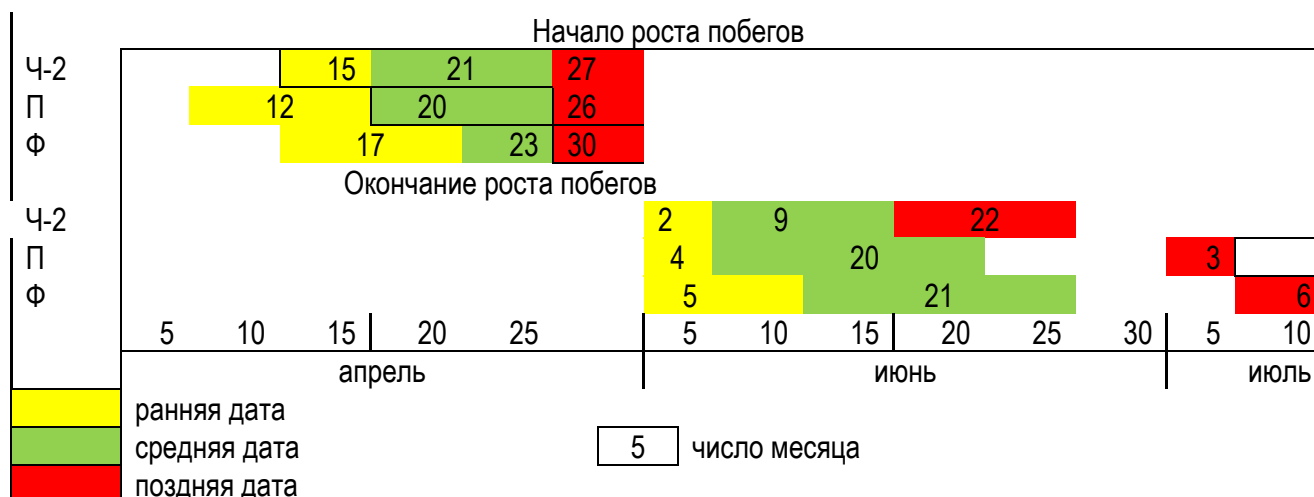
$$y(Ч-2) = 0,50 \ln(x) + 1,35, y_d(Ч-2) = 1,31 \ln(x) + 1,56, \quad (1)$$

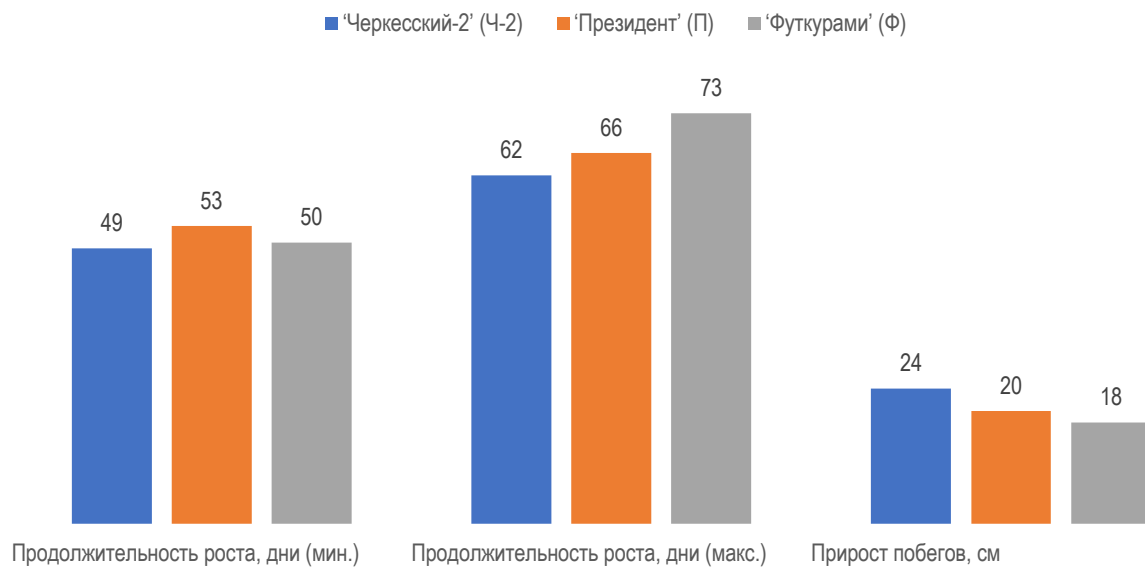
при $R^2 = 0,95$ и $0,89$ соответственно,

$$y(П) = 0,32 \ln(x) + 1,67, y_d(П) = 2,10 \ln(x) + 1,24, R^2 = 0,90, 0,97, \quad (2)$$

$$y(Ф) = 0,56 \ln(x) + 1,27, y_d(Ф) = 1,21 \ln(x) + 1,59, 0,90, 0,87 \quad (3).$$

Хорошая освещенность (от 77,0 до 108,8 kLx) при дополнительном увлажнении влияют на интенсивное формирование побеговых систем, сокращение их длительности роста, ранний переход от моноподиального (этап древовидного роста) к симподиальному типу ветвления (этап кустовидного роста) побегов.





б

Рисунок 1. Специфика ростовых процессов (а – по срокам и их вариабельности наступления и окончания роста, б – продолжительности роста, показателям прироста)

С учетом анализа структуры и морфогенеза побеговых систем построена объемная модель их возрастного состава и расположения. Установлено, что в возрасте до 15-20 лет характерно равномерное размещение разновозрастных побегов в округлой форме, диаметр которой от 1,2 до 1,4 м (рисунок 2).



Рисунок 2. Плотность размещения побегов (возраст 20 лет)

Учитывая среднюю долговечность основных побегов ('Черкесский-2', 'Президент' – до 14-18 лет, 'Футкурами' – до 12-14 лет), можно прогнозировать наступления второго периода – с 32-35-летнего возраста (с размещением побегов на периферии, образованного кольца, диаметром от 1,6 м). Для этого возрастного периода для всех изученных форм порослеобразовательная способность снижается – оси высокого порядка имеют меньшие показатели по диаметру и высоте (рисунок 3).

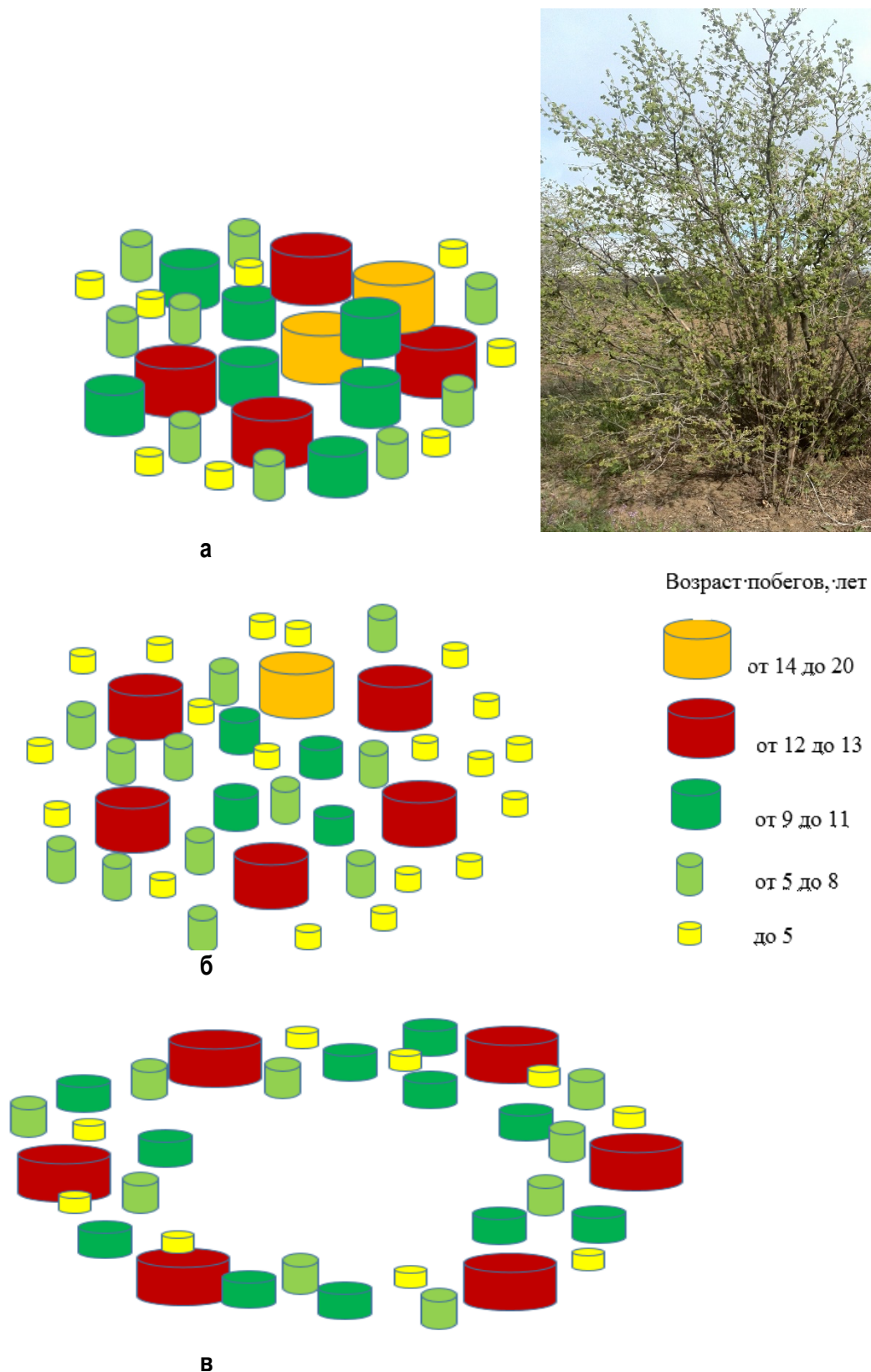


Рисунок 3. Особенности возрастной структуры и плотности куста
(а – в возрасте 20 лет, б – до 30 лет, в – после 35 лет (прогноз))

В связи с чем, необходимы мероприятия для продления долговечности растений лещины. Омолаживающая обрезка может быть сплошной или частичной и во многом определяется целевым назначением насаждения.

Формы *Corylus pontica* имеют хорошие таксационные характеристики в условиях светло-каштановых почв, по высоте не уступая показателям в естественном ареале. Лучшие результаты (форме и плотности кроны, характеру облиствления) отмечены у формы 'Черкесский-2'. Таксоны *Corylus* образуют насаждения плотной конструкции (просветы до 10 % в период вегетации), ветер не проникает, а переваливает через них (рисунок 4).



а



б

Рисунок 4. Вид насаждений *Corylus* в облиственном (а) и безлиственном состоянии (б)

По мере удаления от насаждения скорость ветра быстро нарастает. Расчетная зона влияния с заветренной стороны уменьшается до 10-15Н (Н – высота), с наветренной стороны на расстоянии до 5Н скорость ветра снижается (<25%). *Corylus avellana* и 'Черкесский-2' рекомендованы для целей защитного лесоразведения Волгоградской области (овражно-балочные, водоохранные насаждения, на каштановых почвах) (рисунки 5, 6).

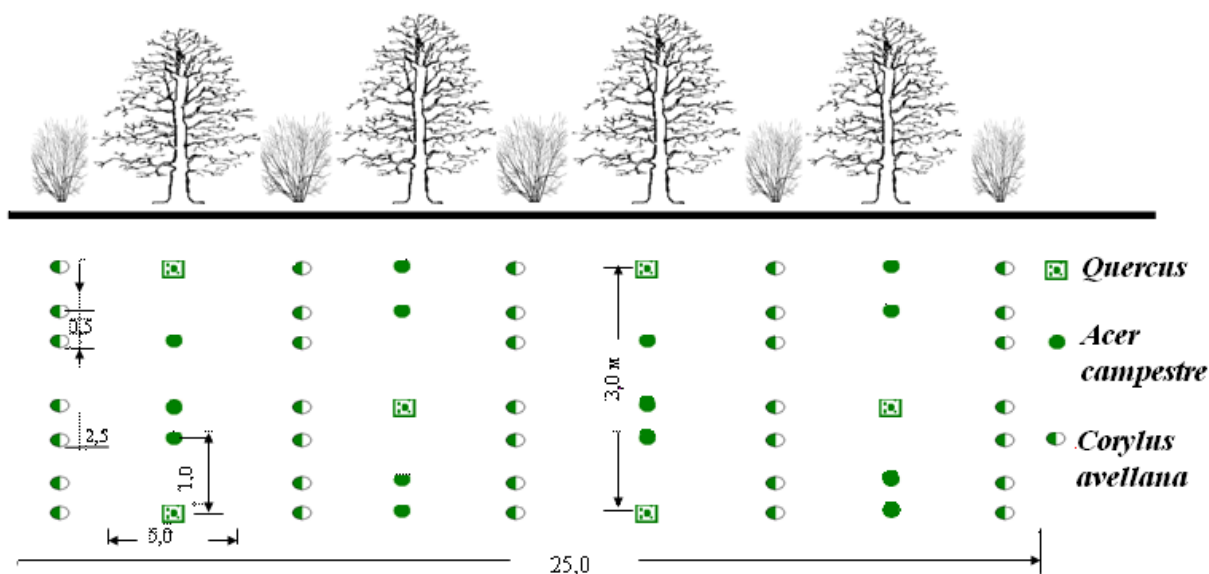


Рисунок 5. Разработанная модель приовражной лесополосы

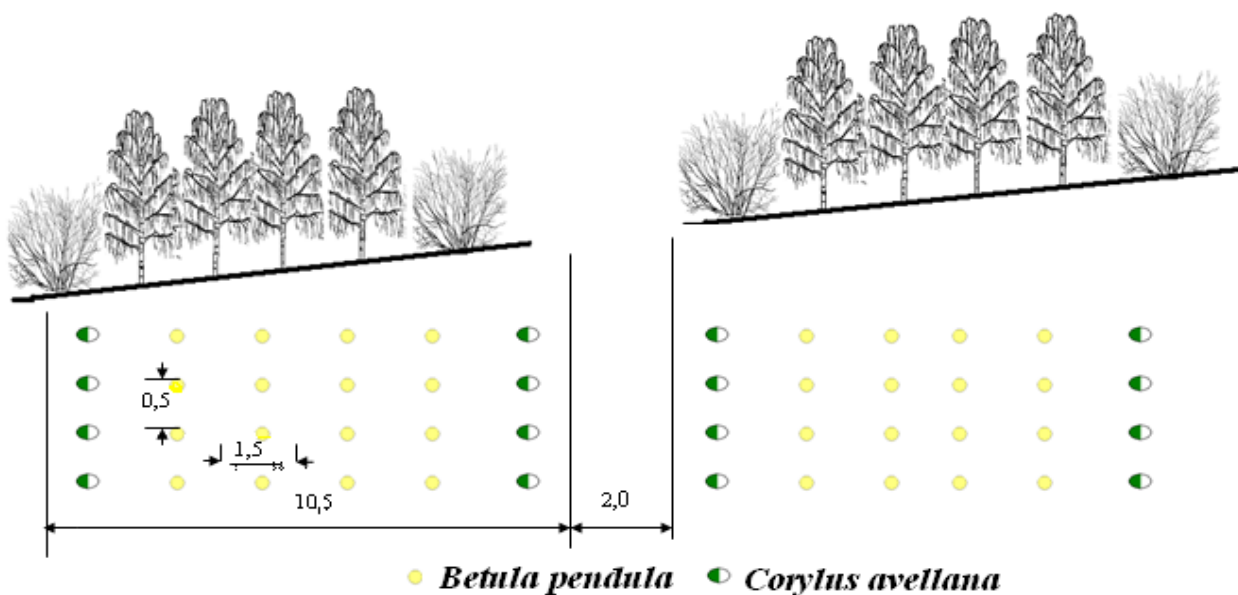


Рисунок 6. Разработанная эскизная модель защитных лесных насаждений (многорядных) на склонах крутизной 4-7°

Кустарники рода *Corylus* L. способны образовывать лесную подстилку, которая работает как фактор стокорегулирующих свойств насаждений. В условиях южных черноземов Новоаннинского района Волгоградской области насаждение *Corylus avellana* более чем за тридцатилетний период сформировала лесную подстилку до 2,0 см (масса около 12,0 т/га).

Существуют кустовая и штабная системы формирования растений *Corylus*. На равнинных участках – штабная, а в условиях склоновой местности (крутизна > 3°) кустовая (для защитных насаждений). В зеленом строительстве рекомендуются модели групповых и солитерных посадок с участием *Corylus pontica* (таблица 1).

Таблица 1. Кустарники *Corylus* для озеленительных насаждений

Виды	Декоративные качества				Экологические свойства			Класс высоты	
	крона		окраска листьев		светолюбивость	требования к			дымо- и газоустойчивость
	форма	густота	летом	осенью		почве	влаге		
<i>avellana</i>	рск.	**	т. з.	ж.	*	средняя	средняя	малоустойчива	
<i>pontica</i>	я. или шар.	**	т. з	ж.	*	то же	высокая		

Класс высоты: I – более 3 м, густота кроны: ** – средней густоты, форма кроны : рск. – раскидистая, окраска листьев: т. з. – темно- зеленая, ж. – желтая, я. – яйцевидная, шар. – шаровидная; светолюбимость: * – теневыносливая

Заключение

Оценка биометрических показателей позволила установить продолжительность возрастных этапов; пик интенсивности роста основных, крон образующих побегов *Corylus pontica*. Получены уравнения регрессии развития надземной части в первые десять лет этапа кустовидного роста. Они показали взаимосвязь изменения таксационных характеристик с возрастом. Установлено интенсивное формирование побеговых систем, сокращение их длительности роста, ранний переход от моноподиального (этап древовидного роста) к симподиальному типу ветвления (этап кустовидного роста) побегов.

С учетом анализа структуры и морфогенеза побеговых систем построена объемная модель их возрастного состава и размещения. Критериями выделения возрастных этапов роста – равномерность размещения, возраст побегов, способность к возобновлению.

Разработаны эскизные модели защитных лесных насаждений (многорядных) с участием *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Quercus*, *Betula pendula* для прогноза повышения устойчивости и обогащения защитных лесных насаждений на каштановых почвах. Таксоны *Corylus* L. образуют лесную подстилку – фактор стокорегулирующих свойств насаждений. В условиях южных черноземов более чем за тридцатилетний период насаждение *C. avellana* сформировало лесную подстилку до 2,0 см (масса более 12,0 т/га).

Выявлена перспективность таксонов *Corylus* L. в условиях каштановых почв, которая связана с показателями роста, побегообразовательной способностью и с соблюдением технологии создания и эксплуатации маточных насаждений. Пространственное влияние насаждений зависит от их назначения, размещения и почвенно-климатических условий. Установлены декоративные качества и экологические свойства кустарников *Corylus* для озеленительных насаждений.

Список литературы

1. Ивонин В.М., Шумакова Г.Е. Влияние техногенного загрязнения на состояние придорожных лесных полос. Известия высших учебных заведений // Лесной журнал. 1991. №6. С. 12-17.
2. Кругляк В.В., Семенютина А.В., Гурьева Е.И. Модели архитектуры рекреационных насаждений для адаптивных систем озеленения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. №3. С. 108-112
3. Bregaglio, S., Giustarini, L., Suarez, E., Mongiano, G., De Gregorio, T. (2020) Analysing the behaviour of a hazelnut simulation model across growing environments via sensitivity analysis and automatic calibration. Agricultural Systems, 181. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102794
4. Germain, E. The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.). (1994). Acta Hortic, 351, 195-210. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.19

5. Kalmykova, A. L., Tereshkin, A. V., Zaigralova, G. N., Eskov, D. V., Kornienko, M. Yu. (2019). Analysis of the range of trees and shrubs used in the landscaping of Saratov. *Amazonia Investiga*, 8, 22, 510-521
6. Khuzhakhmetova, A. Sh., Semenyutina, A. V., Semenyutina, V. A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs (2020). *International journal of advanced trends in computer science and engineering*, 9, 4, 6742-6746 DOI: 10.30534/ijatcse/2020/371942020
7. 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). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 115, 1, № 012009 DOI: 10.1051/cagri/2018011
8. Lombardoni, J. J., Honig, J. A., Vaiciunas, J., Kubik C., Capik J., Mehlenbacher S., Molnar T. J. Evaluation of European hazelnut (*Corylus avellana*) genetic diversity using a genotyping-by-sequencing approach. *Acta Horticulturae*, 1280, 11-16. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.2
9. Molnar, T. J., Goffreda, J. C., Funk, C. R. (2005). Developing hazelnuts for the eastern United States. *Acta Horticulturae*, 686, 609-618. DOI: 10/1766/ActaHortic.2005.686.81
10. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. Sh., Semenyutina, V. A., Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of wood plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110, 2, 361-368
11. Semenyutina, A. V., Podkovyrova, G. V., Khuzhahmetova, A. Sh., Svintsov, I. P., Semenyutina, V. A., Podkovyrov, I. Yu. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International journal of mechanical engineering and technology*, 9, 10, 1415-1422
12. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., Matvienko, E. Yu. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions. *Kuwait journal of science*, 45, 4, 52-58
13. Tisserant, M., Janssen, P., Evette, A., González, E., Cavaillé, P., Poulin, M. (2020). Diversity and succession of riparian plant communities along riverbanks bioengineered for erosion control: a case study in the foothills of the Alps and the Jura Mountains. *Ecological Engineering*, 152, 1. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105880
14. Raparelli, E., Lolletti, D. (2020). Research, Innovation and Development on *Corylus avellana* through the Bibliometric Approach. *International Journal of Fruit Science*, 1-17. DOI: 10.1080/15538362.2020.1784076
15. Zhao, T., Ma, W., Ma, Q., Yang, Z., Liang, L., Wang, G., Wang, L. (2020). Genetic diversity and population structure of Chinese *Corylus heterophylla* and *Corylus kweichowensis* using simple sequence repeat markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 145, 5, 289-298 DOI: 10.21273/JASHS04887-19

Models of protective forest stands with shrubs in conditions of chestnut soils

Aliya Sh. Khuzhakhmetova

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
aliyasham@mail.ru
 0000-0001-5127-8844

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Alexander I. Belyaev

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

director@vfanc.ru

 0000-0001-9721-8003

Received 25.11.2020

Accepted 9.02.2021

Published 15.03.2021

 10.25726/f3193-9353-5882-h

Abstract

A scientific analysis of the possibilities of using shrubs as an adaptive life form for creating a renewable system of forest stands, in the landscape arrangement of a low-forest area, is given. Objects of research: taxa of the geoxyl shrub of the genus *Corylus* of different age stages, which grow in the Volgograd region: in the conditions of southern chernozems (*C. avellana* L.), chestnut soils (*C. pontica* C. Koch. - forms 'President', 'Futkurami', 'Circassian-2'; kad. № 34:34:000000:122). The biometric method is used in determining the taxational values and determining deviations from the optimal size. The aim of the research is to develop models of protective forest stands based on the study of the specific growth of *Corylus* L. taxa. in conditions of chestnut soils. The peak growth rate of the main, crown - forming shoots of *Corylus pontica* is 5-7 years old. The development of the aboveground part in the next ten years (the stage of bush-like growth) is described by regression equations. They showed the relationship of changes in taxation characteristics with age. The indicators of illumination (from 77.0 to 108.8 kLx) during the growing season are given. Intensive formation of shoot systems, reduction of their growth duration, early transition from monopodial (tree-like growth stage) to sympodial branching type (bush-like growth stage) of shoots were established. Taking into account the analysis of the structure and morphogenesis of shoot systems, a graphical model of their age composition and location is constructed. The criteria for identifying the age stages of growth are the uniformity of placement, the age of shoots, and the ability to resume. Sketch models of protective forest stands (multi-row, including on slopes with a steepness of 4-7°) with the participation of *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Quercus*, *Betula pendula* were developed to increase the stability and enrich the protective forest stands on chestnut soils. *Corylus* L. taxa form the forest floor-one of the factors influencing the flow-regulating properties of plantings. In the conditions of southern chernozems, *Corylus* has formed forest litter up to 2.0 cm (weight 12.0 t/ha) for more than thirty years of growth. The decorative qualities and ecological properties of *Corylus* shrubs for landscaping are established.

Keywords

Biodiversity, shrub, *Corylus* L., specificity of growth processes, crown, models, age stages, enrichment of protective forest plantations, chestnut soils

The research was carried out within the framework of the state assignment (state registration number 121041200197-8), financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Ivonin V.M., Shumakova G.E. Vliyanie tehnogennogo zagryazneniya na sostojanie pridorozhnyh lesnyh polos. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij // Lesnoj zhurnal. 1991. №6. S. 12-17.
2. Krugljak V.V., Semenjutina A.V., Gur'eva E.I. Modeli arhitektoniki rekreacionnyh nasazhdenij dlja adaptivnyh sistem ozelenenija // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geografija. Geojekologija. 2017. №3. S. 108-112
3. Bregaglio, S., Giustarini, L., Suarez, E., Mongiano, G., De Gregorio, T. (2020) Analysing the behaviour of a hazelnut simulation model across growing environments via sensitivity analysis and automatic calibration. *Agricultural Systems*, 181. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102794
4. Germain, E. The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.). (1994). *Acta Horti*, 351, 195-210. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.19
5. Kalmykova, A. L., Tereshkin, A. V., Zaigralova, G. N., Eskov, D. V., Kornienko, M. Yu. (2019). Analysis of the range of trees and shrubs used in the landscaping of Saratov. *Amazonia Investiga*, 8, 22, 510-521
6. Khuzhakhmetova, A. Sh., Semenyutina, A. V., Semenyutina, V. A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs (2020). *International journal of advanced trends in computer science and engineering*, 9, 4, 6742-6746 DOI: 10.30534/ijatecse/2020/371942020
7. 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). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 115, 1, № 012009 DOI: 10.1051/cagri/2018011
8. Lombardoni, J. J., Honig, J. A., Vaiciunas, J., Kubik C., Capik J., Mehlenbacher S., Molnar T. J. Evaluation of European hazelnut (*Corylus avellana*) genetic diversity using a genotyping-by-sequencing approach. *Acta Horticulturae*, 1280, 11-16. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.2
9. Molnar, T. J., Goffreda, J. C., Funk, C. R. (2005). Developing hazelnuts for the eastern United States. *Acta Horticulturae*, 686, 609-618. DOI: 10/1766/ActaHortic.2005.686.81
10. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. Sh., Semenyutina, V. A., Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of wood plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110, 2, 361-368
11. Semenyutina, A. V., Podkovyrova, G. V., Khuzhahmetova, A. Sh., Svintsov, I. P., Semenyutina, V. A., Podkovyrov, I. Yu. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International journal of mechanical engineering and technology*, 9, 10, 1415-1422
12. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., Matvienko, E. Yu. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions. *Kuwait journal of science*, 45, 4, 52-58
13. Tisserant, M., Janssen, P., Evette, A., González, E., Cavaillé, P., Poulin, M. (2020). Diversity and succession of riparian plant communities along riverbanks bioengineered for erosion control: a case study in the foothills of the Alps and the Jura Mountains. *Ecological Engineering*, 152, 1. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105880
14. Raparelli, E., Lolletti, D. (2020). Research, Innovation and Development on *Corylus avellana* through the Bibliometric Approach. *International Journal of Fruit Science*, 1-17. DOI: 10.1080/15538362.2020.1784076
15. Zhao, T., Ma, W., Ma, Q., Yang, Z., Liang, L., Wang, G., Wang, L. (2020). Genetic diversity and population structure of Chinese *Corylus heterophylla* and *Corylus kweichowensis* using simple sequence repeat markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 145, 5, 289-298 DOI: 10.21273/JASHS04887-19

Адаптивный потенциал дуба черешчатого в географических культурах Нижнего Дона

Сергей Николаевич Кружилин

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Декан лесохозяйственного факультета
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
Новочеркасск. Россия
ser8915@yandex.ru
 0000-0002-6658-1763

Татьяна Юрьевна Баранова

Доцент кафедры лесных культур и лесопаркового хозяйства
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
Новочеркасск. Россия
tatjana-baranova@inbox.ru
 0000-0002-3526-7974

Олег Сергеевич Ищенко

Магистр лесного дела
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
Новочеркасск. Россия
lesngma@yandex.ru
 0000-0001-9441-9862

Юрий Николаевич Писаренко

Аспирант
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
Новочеркасск. Россия
pisarenko-2122@mail.ru
 0000-0002-8177-6294

Поступила в редакцию 26.01.2021

Принята 11.02.2021

Опубликована 15.03.2021

 10.25726/d9840-1483-1345-i

Аннотация

Дуб черешчатый, формируя искусственные лесные насаждения имеет различные формы или разновидности: географические, эдафические, фенологические и морфологические. Важное прикладное значение имеют знания о продуктивности и росте географических форм лесных насаждений, для чего создают и в дальнейшем исследуют специальные лесные культуры. Для изучения географической изменчивости видов древесных растений и уточнения их ценности для лесного хозяйства, создания массивов географических пород из посевного материала разного географического происхождения создают испытательные насаждения различных ценных пород. Государственный природный заказник "Горненский", расположенный в центральной части Ростовской области, являясь особо охраняемой природной территорией областного значения, имеет уникальные объекты географических культур, в частности дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). В статье отражены исследования географических культур дуба черешчатого, произрастающих на территории заказника. Исследовано 9 вариантов. Определены лесоводственно-таксационные характеристики изученных

вариантов. Выявлено, что к возрасту 42 года лучшее состояние имеют насаждения дуба, созданные из желудей, привезенных из Ставропольского края.

Ключевые слова

адаптивный потенциал, дуб черешчатый, *Quercus robur*, географические культуры, выращивание лесных культур, продуктивность насаждений, устойчивость насаждений, со-хранность лесных культур.

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 [2, 13].

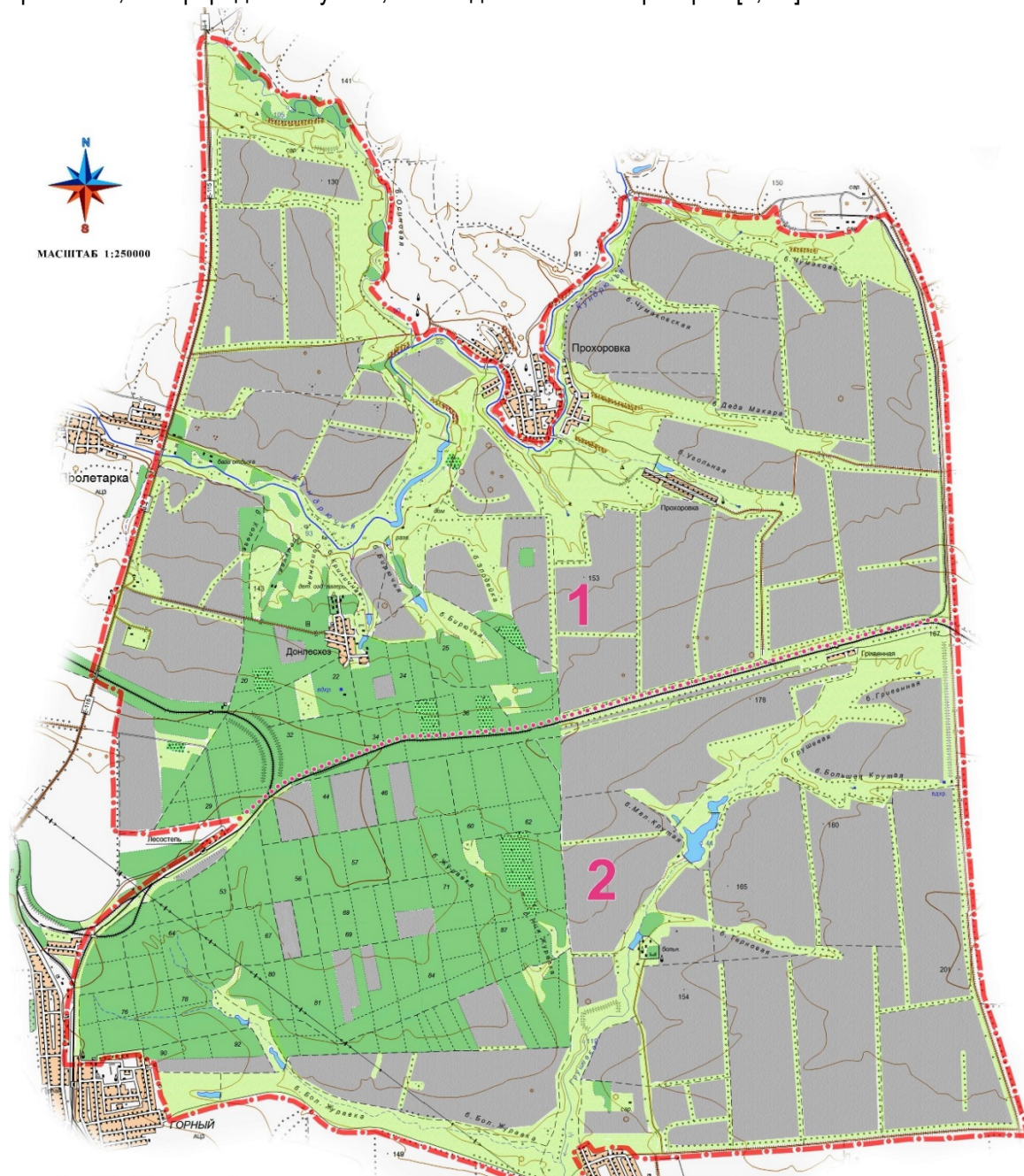


Рисунок 1. Схема государственного природного заказника «Горненский»

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 [9], из которых 30,6% представлена государственным лесным фондом. Лесохозяйственная часть заказника сформирована из 94 кварталов площадью 2642 гектара. На покрытые лесной растительностью приходится 1789,1 га, в том числе 734,0 га – лесные культуры.

Согласно агроклиматическому районированию Ростовской области заказник находится в подрайоне недостаточного увлажнения с умеренно-жарким климатом, характеризующимся следующими среднегодовыми показателями: температура воздуха – 8,2⁰С. 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 3112⁰С и влагообеспеченностью (ГТК) – 0.74. [3].

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 (766.9га). Остальная площадь приходится на выщелоченные, южные, луговато-чернозёмные, намытые и аллювиально-дерновые почвы, солонцы. По гранулометрическому составу наибольшее распространение получили тяжело- и среднесуглинистые почвы [11].

Государственный природный заказник "Горненский" имеет ряд вариантов различных форм дуба черешчатого, заложенных в разные периоды развития хозяйства. Исследования различных форм позволит определять лучшие варианты и способы создания и формирования искусственных насаждений дуба черешчатого.

Материалы и методы исследования

Дуб черешчатый имеет различные формы или разновидности: географические, эдафические, фенологические и морфологические.

Особенно прочно закрепилось название форма. Отдельные исследователи используют название "разновидность" [4, 14], а другие - придерживаются понятия "форма" [1].

По фенологии различают рано распускающуюся и поздно распускающуюся формы дуба черешчатого.

Разнообразие внешних особенностей в строении является основой выделения морфологических форм. Различают деревья по форме листьев, кроны, и ствола, коры, по характеру расчленения листовой пластинки, ее форме, размерам, степени опушенности и др [12, 17].

Рассматривая географические формы дуба черешчатого, принято отмечать принадлежность того или иного насаждения к определенным эдафическим условиям. В этой связи выделяют: пойменные, байрачные, нагорные, горные предгорные эдафические формы.

Знание особенностей роста экологических форм дуба черешчатого и их производительности к возрасту лесовозобновительной спелости позволяет лесохозяйственным предприятиям выбирать лесосеменной материал на научной основе.

Современные знания популяционной экологии невозможно представить без исследований генетической структуры ценопопуляций. Относительно дуба черешчатого в условиях степной зоны Юга России культура дуба черешчатого исследована по генетическому анализу фенологических форм [16]. Такие исследования являются актуальными, т.к. привносят новые доказательные способы с применением информативных и современных молекулярно-биологических методов по изучению генофонда различных представителей дуба черешчатого.

Исследования экологических форм дуба черешчатого и их производительности являются популярными и актуальными в европейских странах. Так, авторами A. Buras, U. Sass-Klaassen, I. Verbeek, P. Copini [18], изучены 10 различных вариантов происхождения дуба, которые были посажены в трех испытательных культурах на разных типах почв в 1988 году в Нидерландах. Используя дендрэкологические методы, авторы [19] количественно оценили продуктивность и оценили характер роста разных вариантов культур. Эти результаты показали четкие различия в продуктивности насаждений дуба.

Знания о продуктивности насаждений дуба являются важными в то время, когда многими авторами отмечается деградация дубрав, как в степной зоне, так и в границах естественных ареалов, включая и Западную Европу. Авторы Thomas, F.M., Blank, R., Hartmann, G. [19] объясняется снижение продуктивности дубрав в связи с комбинированным воздействием экстремальных климатических явлений (зимних морозов, летних засух), угнетающих насекомых и патогенных грибов. Особенное влияние на дубравы авторы отмечают, как сочетание сильной дефолиации листьев насекомыми, наряду с экстремальными климатическими условиями в течении двух лет подряд. Такие условия являются наиболее значительным комплексом факторов, влияющим на снижение продуктивности дуба [19].

В заказнике «Горненский» имеются многолетние насаждения географических культур в квартале № 81 (рисунок 2). Эти культуры, ранее изучены многими авторами [10, 7]. В данном квартале представлены варианты из Бутурлиновского лесхоза Воронежской области нагорной дубравы, Майкопского лесхоза Адыгеи предгорная дубрава, Тростянецкого лесхоза Сумской области нагорная дубрава. В 1977 году под руководством профессора Александра Михайловича Шутяева (ЦНИИЛГиС, г.Воронеж) были заложены новые пробные площади в квартале № 24 [15, 14].

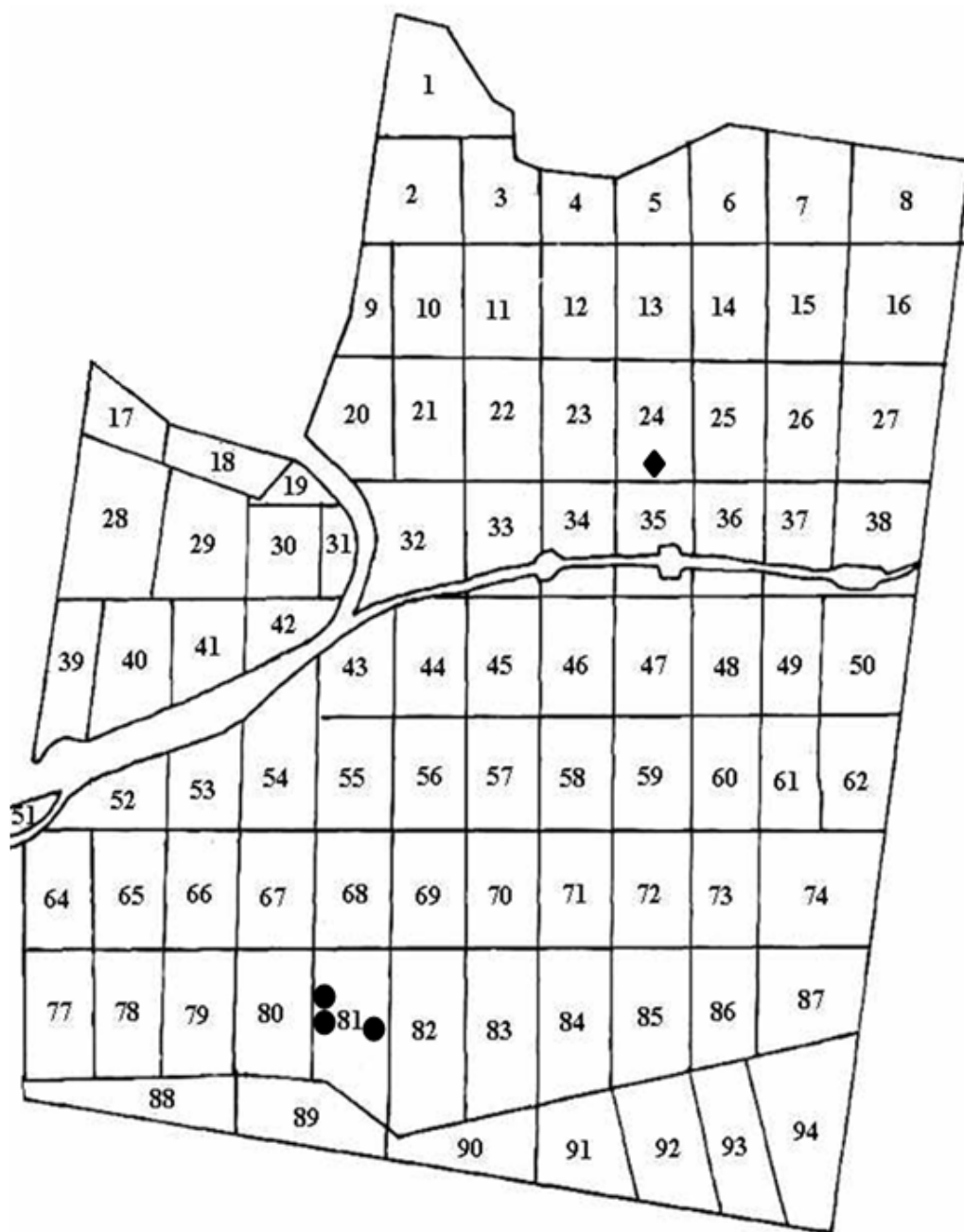


Рисунок 2. Схема расположения географических культур в заказнике

● – место произрастания географических культур (посадки 1939 годов)

◆ - место закладки пробных площадей (посадки 1977 года)

В таблице 1 представлена сводная характеристика вариантов географических культур дуба черешчатого, произрастающих в 81 квартале.

Таблица 1. Характеристика вариантов географических культур

Варианты	Возраст, лет	Густота шт/га	Состав	Средние		Класс товарности	Бонитет по М.М.Орлову	Запас стволовой древесины, м³/га
				Диаметр см±md, см	Высота hм±mh, м			
Бутурлиновский	71	549	10Д+Я с Ед Кл	22,0±0,33	21,1±0,2	III	II	263,2
Тростянецкий	70	614	10Д+Я с Ед Кл	20,5±0,31	20,05±0,2	III	II	193,7
Майкопский	70	529	10Д+Я с Ед Кл	22,3±0,32	19,8±0,6	III	II	187,7

Примечание: насаждения во всех вариантах одноярусные.

На основании проведённых исследований географических культур из Бутурлиновского, Тростянецкого и Майкопского вариантов к возрасту 70-71 год стало видно: наибольшая густота насаждения наблюдается у Тростянецкого варианта (614 шт/га), наименьшая у Майкопского (529 шт/га), состав насаждения у всех трёх вариантов одинаковый, наибольшим средним диаметром обладает Майкопский вариант (22,3±0,32 см), наименьшим Тростянецкий (20,5±0,31 см), наибольшую среднюю высоту имеет Бутурлиновский вариант (21,1±0,2 м), наименьшую Майкопский вариант. Класс товарности у всех трёх вариантов III. Класс бонитета так же у всех трёх вариантов II. Наибольшим запасом стволовой древесины обладает Бутурлиновский вариант (263,2 м³/га), наименьшим – Майкопский (187,7 м³/га).

Цель исследований – выявление адаптивного потенциала дуба черешчатого в географических культурах различного происхождения

1. Программа и методика исследований

Исследованием предусматривались следующие программные вопросы:

- закладка пробных площадей;
- камеральная обработка таксационных показателей;
- анализ роста географических культур дуба.

Для изучения хода роста географических культур дуба черешчатого закладывались пробные площади в соответствии с ОСТ 56-69-83. [8]

Пробные площади объектов исследования включают в себя все деревья, которые произрастают в исследуемом варианте лесного насаждения. При закладке ПП деревья по опушкам, а также крайних рядов в пробную площадь не включались. Деревья не нумеровались, проводился сплошной пересчет с подразделением их по категориям качества на деловые, полуделовые и дровяные. Критерием такого разделения служила величина части ствола. При длине ровной части ствола 6,5 м и более дерево относилось к деловым, от 2,0 до 6,5 м к полуделовым, при меньшем размере – к дровяным. Замеры диаметров производились мерной вилкой с одно-сантиметровой шкалой на высоте 1,3 м.

Класс товарности определялся в зависимости от числа деловых деревьев в насаждении (таблица 2).

Таблица 2. Класс товарности вариантов географических культур

Класс товарности	По выходу деловой древесины, % запаса древостоя		По числу деловых деревьев, % общее число стволов	
	хвойные	лиственные	хвойные	лиственные
1	81 и >>	71 и >>	91 и >>	71 и >>
2	61–80	5–70	71–90	45–70
3	до 60	до 50	70 и менее	менее 45

Класс бонитета устанавливался по системной бонитировочной шкале М. М. Орлова.

Расчёт основных таксационных показателей проводился по статистической обработке, средняя высота – графическим методом, а также, при наличии малого числа в исследуемом варианте, высоты измерялись для каждого дерева отдельно. Для проверки достоверности результатов проводилась статистическая обработка, заключающаяся в определении ошибки среднего значения ($\pm m$), коэффициента вариации изменчивости ($\pm C$, %), точности опыта ($\pm P$, %) [5].

Запас определялся через средние показатели высоты, диаметра, а также густоты деревьев на 1 га. Использовали формулу:

$$V_{ст} = g \times h \times f,$$

где:

g – площадь сечения ствола на высоте 1.3 м, m^2 ;

h – высота дерева, м;

f – видовое число (f дуба = $0.414 + 1.186/h$)

2. Объекты исследований

Все работы производились в географических культурах заказника. в квартале №24 (рисунок 2), объектами исследований являлись следующие варианты:

1 дуб из Ставропольского края

2 из гомельской области Беларуси

3 из Ровеньской области Украины

4 из Тульской области

5 из Башкирии

6 из Чувашии

7 из Мордовии

8 из Винницкой области Украины

9 дуб из местных насаждений заказника (Донского лесхоза)

Географические культуры, заложенные весной 1977 года, расположены на участке, вышедшем из-под раскорчевки отмирающего ясеневое насаждения. Почва – южный чернозем. Тип условий места произрастания – Д1. Посадка выполнена 29 апреля 1977 года. Применялось размещение $2,5 \times 0,8$ м. Культуры созданы из двухлетних сеянцев,

Изначально планировалось, что площадь каждого варианта составит 0,1 га с размерами 40×25 метров, однако, по факту, ширина равная 25 метрам – была соблюдена, а вот, длина каждого варианта, варьирует от 34 до 50 м.

Результаты и обсуждение

Географические культуры, созданные в 1977 году в 24 квартале, являются уникальным объектом, представляющим интерес для лесокультурного производства, семеноводства и науки в целом.

Как описано выше, в географических культурах 24 квартала представлено 9 вариантов, которые явились объектами исследований:

1 дуб из Ставропольского края

2 из гомельской области Беларуси

3 из Ровеньской области Украины

4 из Тульской области

5 из Башкирии

6 из Чувашии

7 из Мордовии

8 из Винницкой области Украины

9 дуб из местных насаждений заказника (Донского лесхоза)

Размещение опытных вариантов географических культур показано на рисунке.



Рисунок 4. Размещение географических культур в плане квартала 24

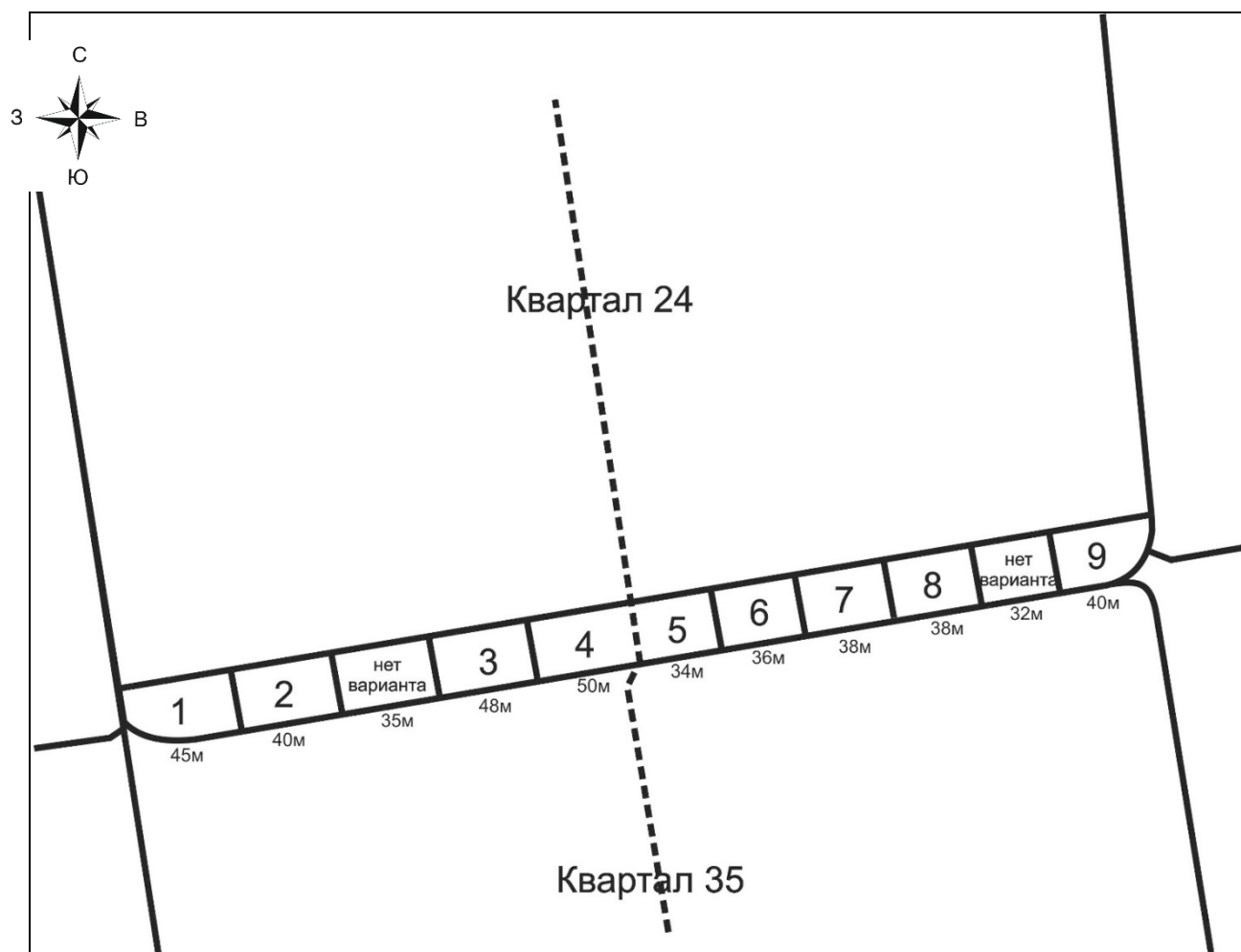


Рисунок 5. Схема произрастания вариантов географических культур

1 дуб из Ставропольского края; 2 из гомельской области Белоруссии; 3 из Ровеньской области Украины; 4 из Тульской области; 5 из Башкирии; 6 из Чувашии; 7 из Мордовии; 8 из Винницкой области Украины; 9 дуб из местных насаждений заказника (Донского лесхоза)

В каждом из представленных вариантов проведены исследования, в результате чего определены лесоводственно-таксационные показатели насаждений географических культур. Результаты исследований отражены в таблице 3.

Таблица 3. Лесоводственно-таксационная характеристика географических культур в 24 квартале заказника в возрасте 42 года

Вариант	Название варианта	Состав насаждения, %	Название породы	Средние		Число стволов в на 1 га, шт.	Запас ствол. древес., м3/га	Класс бонитета
				Высота, м $M \pm m$	Диаметр, см $M \pm m$			
1	Ставропольский	100%D	Дуб	12,3 $\pm$ 0,10	14,2 $\pm$ 0,44	1653	164,1	3
2	Гомельский	100%D	Дуб	13,1 $\pm$ 0,12	15,8 $\pm$ 0,69	883	107,6	2
3	Ровеньский	100%D	Дуб	13,0 $\pm$ 0,10	15,3 $\pm$ 0,67	433	52,6	2
4	Тульский	100%D	Дуб	13,7 $\pm$ 0,15	15,6 $\pm$ 0,71	360	47,4	2

5	Башкирский	100%Д	Дуб	13,0±0,10	17,7±1,39	263	42,7	2
6	Чувашский	100%Д	Дуб	9,3±0,15	12,7±0,94	346	22,0	4
7	Мордовский	78%Д 22%В	Дуб	11,2±0,10	15,2±1,11	247	26,0	3
			Вяз м	6,5±0,10	8,9±1,16	296	7,2	-
8	Винницкий	41%Д 18%Ял 41%Ктат	Дуб	13±0,10	19,5±1,42	167	32,8	2
			Ясень л	7,0±0,15	8,2±0,31	667	14,4	-
			Клен тат	5,4±0,10	4,0±0,29	173	33,4	-
9	Местный	41%Д 18%Ял	Дуб	13,8±0,15	24,6±1,91	208	68,4	2
			Ясень л	9,4±0,10	12,4±0,83	750	46,1	-

На рисунках, представленных ниже отражено современное состояние вариантов географических культур.



Рисунок 6. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян ставропольского происхождения



Рисунок 7. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян гомельского происхождения



Рисунок 8. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян ровеньского происхождения



Рисунок 9. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян тульского происхождения



Рисунок 10. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян башкирского происхождения



Рисунок 11. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян чувашского происхождения



Рисунок 12. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян мордовского происхождения



Рисунок 13. Насаждение дуба черешчатого на пробной площади из семян винницкого происхождения



Рисунок 14. Насаждение на участке между вариантом 8 и вариантом 9



Рисунок 15. Насаждение на ПП 9 (Местный вариант)

Результаты проведенных исследований в представленных географических культурах свидетельствуют о неудовлетворительном состоянии насаждений. Почти во всех вариантах усыхание деревьев дуба достигает 90% от общего числа произрастающих деревьев. На почве выявлен большой процент задернения, подлесок представлен такими породами, как клен татарский, ясень ланцетный и жимолость. Подобное состояние отмечается и в других насаждениях заказника Горненский и свидетельствует, в первую очередь о недостатке рубок ухода за лесом [6].

Нами проведен расчет сохранности лесных культур к возрасту 42 года.

Таблица 4. Сохранность географических культур 24 квартала в возрасте 42 года (при первоначальной схеме посадки: 2,5*0,8 м)

Вариант	Название варианта	Состав насаждения, %	Название породы	Первоначальное число стволов на 1 га, шт.	Число стволов на 1 га, шт. к возрасту 42 года	Сохранность, %
1	Ставропольский	100%Д	Дуб	5000	1653	33
2	Гомельский	100%Д	Дуб	5000	883	18
3	Ровеньский	100%Д	Дуб	5000	433	9
4	Тульский	100%Д	Дуб	5000	360	7
5	Башкирский	100%Д	Дуб	5000	263	5
6	Чувашский	100%Д	Дуб	5000	346	7
7	Мордовский	78%Д	Дуб	5000	247	5

		22%B	Вяз м	0	296 (самосев)	-
8	Винницкий	41%D 18%Ял 41%Ктат	Дуб	5000	167	3
			Ясень л	0	667 (самосев)	-
			Клен тат	0	173 (самосев)	-
9	Местный	41%D 18%Ял	Дуб	5000	208	4
			Ясень л	0	750 (самосев)	-

Как видно из таблицы, самый высокий показатель сохранности отмечается в варианте 1 (33%), а самый низкий – в варианте 8 и 9. Что, связано с естественным зарастанием этих вариантов деревьями ясеня ланцетного и клена татарского.

Заключение

Географические культуры, выращенные в 24 квартале заказника Горненский, являются уникальным научным объектом

В возрасте 42 года все варианты требуют к себе лесоводственного ухода в виде прочисток

Лучшим вариантом отмечается вариант, где дуб черешчатый выращен из желудей, завезенных из Ставропольского края

Низкая сохранность дуба в вариантах обусловлена отсутствием своевременных лесоводственных уходов, при этом показатель сохранности варьирует от 33% (вариант 1 Ставропольский) до 3% (вариант Винницкий)

В качестве рекомендации для производства, следует рекомендовать устраивать лесосеку при рубках уходов с учетом фактических расстояний между вариантами. Наиболее подходящей технологией рубок ухода будет являться – средне пасечная. Это позволит устраивать технологические коридоры для вывозки древесины через расстояние равное до 40 метрам.

Список литературы

1. Вересин М.М., Ефимов Ю.П., Арефьев Ю.Ф. Справочник по лесному селекционному семеноводству. М.: Агропромиздат, 1985. 245 с.
2. Государственный природный заказник "Горненский" / ГБУ РО «Дирекция особо охраняемых природных территорий областного значения». <https://oopt.donland.ru/activity/7242/>.
3. Донской учебно-опытный лесхоз (краткий очерк) / А.А. Кулыгин [и др.]. Новочеркасск: ТОО «Калитва», 1995. 126 с.
4. Енькова Е.И. Теллермановский лес и его восстановление. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1976. 214 с.
5. Кружилин С.Н., Барышшникова Е.В., Мишенина М.П. Методика статистической обработки результатов лесокультурных исследований с использованием ППП MATHCAD // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 3. С. 56-67.
6. Кружилин С.Н., Баранова Т.Ю., Багдасарян А.А. Современное состояние и прогноз долговечности дубрав в Государственном природном заказнике «Горненский» Багдасарян // Наука. Мысль. 2020. Т. 10, № 1. С. 3-21.
7. Кружилин С.Н. Рост дуба черешчатого в лесных культурах, созданных с применением разных типов смешения в условиях Нижнего Дона: дис. ... канд. с.-х. наук. Новочеркасск, 2008. 182 с.
8. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки : утв. Госкомлес СССР 23.05.1983.
9. Постановление Правительства Ростовской области «О создании государственного природного заказника «Горненский», от 27.11.2014 года, № 789 (с изм. на 15.03.2017).

10. Ревяко И.И. Рост дуба черешчатого в искусственных насаждениях Нижнего Дона (на примере Донского лесхоза): дис. ... кан. с.-х. наук. Новочеркасск, 1995. 192 с.
11. Таран С.С., Матвиенко Е.Ю., Кружилин С.Н., Свинцов И.П. Рост и адаптация древесных интродуцентов в массивных насаждениях Нижнего Дона. Новочеркасск, 2018. 255 с.
12. Свинцов И.П., Семенютина В.А. Методологические основы изучения растительных организмов в условиях интродукции // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2014. № 9-10. С. 42-47.
13. Сулинская земля / В.Я. Мякинченко [и др.]; ред. П.В. Сидаренко. Красный Сулин, 1997.
14. Шутяев А.М. Биоразнообразие дуба черешчатого и его использование в селекции и лесоразведении. Воронеж, 2000. 336 с.
15. Шутяев А.М., Тертерян В.А. Географические культуры дуба в Ростовской области // Лесное хозяйство. 1980. № 3. С. 30-33.
16. Эколого-генетическая дифференциация ценопопуляций *Quercus Robur* L. на территории Ростовской области с применением ISSR-маркеров / В.А. Чохели [и др.] // *Turczaninowia*. 2018. Т. 21. № 4. С. 161-167.
17. Kruzhilin S. N., Taran S. S., Semenyutina A. V., Matvienko E. Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus Robur* L. formation in steppe region conditions // *Kuwait Journal of Science*. - 2018. - V. 45. - № 4. - P. 52-58.
18. Provenance selection and site conditions determine growth performance of pedunculate oak / A. Buras, U. Sass-Klaassen, I. Verbeek, P. Copini // *Dendrochronologia*. – 2020. – Vol. - № 61125705.
19. Thomas, F. M. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe / F. M. Thomas, R. Blank, G. Hartmann // *Forest Pathology*. - 2002. – Vol. 32(4-5). - P. 277-307.

Adaptive potential of Pedunculate oak in geographical cultures of the Lower Don

Sergey N. Kruzhilin

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Dean of the Faculty of Forestry
Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute
Novocherkassk, Russia
ser8915@yandex.ru
 0000-0002-6658-1763

Tatyana Yu. Baranova

Associate Professor of the Department of Forest Crops and Forest Park Management
Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute
Novocherkassk, Russia
tatjana-baranova@inbox.ru
 0000-0002-3526-7974

Oleg S. Ishchenko

Master of Forestry
Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute
Novocherkassk, Russia
lesngma@yandex.ru
 0000-0001-9441-9862

Yuri N. Pisarenko

Postgraduate student of the direction 35.06.02 Forestry
Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute
Novocherkassk, Russia
pisarenko-2122@mail.ru
 0000-0002-8177-6294

Received 26.01.2021

Accepted 11.02.2021

Published 15.03.2021

 10.25726/d9840-1483-1345-i

Abstract

Petiolate oak, forming artificial forest stands, has various forms or varieties: geographical, edaphic, phenological and morphological. Knowledge about the productivity and growth of geographical forms of forest stands is of great practical importance, for which special forest crops are created and further studied. To study the geographical variability of woody plant species and clarify their value for forestry, to create arrays of geographical rocks from seed material of different geographical origin, test plantings of various valuable species are created. The state nature Reserve "Gornensky", located in the central part of the Rostov region, is a specially protected natural area of regional significance, has unique objects of geographical cultures, in particular the oak petiolate (*Quercus robur* L.). The article reflects the research of geographical cultures of oak petiolate growing on the territory of the reserve. 9 variants were investigated. The forestry and taxation characteristics of the studied variants are determined. It was revealed that by the age of 42, the best condition is the oak plantings created from acorns brought from the Stavropol Territory.

Keywords

adaptive potential, pedunculate oak, *Quercus robur*, geographical crops, forest crop growth, plantings productivity, plantings stability, forest crop preservation.

References

1. Veresin M.M., Efimov Ju.P., Aref'ev Ju.F. Spravochnik po lesnomu selekcionnomu semenovodstvu. M. : Agropromizdat, 1985. 245 s.
2. Gosudarstvennyj prirodnyj zakaznik "Gornenskij" / GBU RO «Direkcija osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij oblastnogo znachenija». <https://oopt.donland.ru/activity/7242/>.
3. Donskoj uchebno-opytnyj leshoz (kratkij ocherk) / A.A. Kulygin [i dr.]. Novocherkassk: TOO «Kalitva», 1995. 126 s.
4. En'kova E.I. Tellermanovskij les i ego vosstanovlenie. Voronezh: Izd-vo Voronezh. un-ta, 1976. 214 s.
5. Kruzhilin S.N., Baryshshnikova E.V., Mishenina M.P. Metodika statisticheskoy obrabotki rezul'tatov lesokul'turnyh issledovanij s ispol'zovaniem PPP MATHCAD // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2019. T. 9, № 3. S. 56-67.
6. Kruzhilin S.N., Baranova T.Ju., Bagdasarjan A.A. Sovremennoe sostojanie i prognoz dolgovechnosti dubrav v Gosudarstvennom prirodnom zakaznike «Gornenskij»gdasarjan // Nauka. Mysl'. 2020. T. 10, № 1. S. 3-21.
7. Kruzhilin S.N. Rost duba chereschatogo v lesnyh kul'turah, sozdannyh s primeneniem raznyh tipov smeshenija v uslovijah Nizhnego Dona: dis. ... kand. s.-h. nauk. Novocherkassk, 2008. 182 s.
8. OST 56-69-83. Ploshhadi probnye lesoustroitel'nye. Metod zakladki : utv. Goskomles SSSR 23.05.1983.

9. Postanovlenie Pravitel'stva Rostovskoj oblasti «O sozdanii gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika «Gornenskij», ot 27.11.2014 goda, № 789 (s izm. na 15.03.2017).
10. Revjako I.I. Rost duba chereshchatogo v iskusstvennyh nasazhdenijah Nizhnego Dona (na primere Donskogo leshoza): dis. ... kan. s.-h. nauk. Novocherkassk, 1995. 192 s.
11. Taran S.S., Matevienko E.Ju., Kruzhilin S.N., Svincov I.P. Rost i adaptacija drevesnyh introducentov v massivnyh nasazhdenijah Nizhnego Dona. Novocherkassk, 2018. 255 s.
12. Svincov I.P., Semenjutina V.A. Metodologicheskie osnovy izuchenija rastitel'nyh organizmov v uslovijah introdukcii // Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Serija: Estestvennye i tehniczeskie nauki. 2014. № 9-10. S. 42-47.
13. Sulinskaja zemlja / V.Ja. Mjakinchenko [i dr.]; red. P.V. Sidarenko. Krasnyj Sulin, 1997.
14. Shutjaev A.M. Bioraznoobrazie duba chereshchatogo i ego ispol'zovanie v selekcii i lesorazvedenii. Voronezh, 2000. 336 s.
15. Shutjaev A.M., Terterjan V.A. Geograficheskie kul'tury duba v Rostovskoj oblasti // Lesnoe hozjajstvo. 1980. № 3. S. 30-33.
16. Jekologo-geneticheskaja differenciacija cenopopuljacij Quercus Robur L. na territorii Rostovskoj oblasti s primeneniem ISSR-markerov / V.A. Choheli [i dr.] // Turczaninowia. 2018. T. 21. № 4. S. 161-167.
17. Kruzhilin S. N., Taran S. S., Semenjutina A. V., Matvienko E. Yu. Growth peculiarities and age dynamics of Quercus Robur L. formation in steppe region conditions // Kuwait Journal of Science. - 2018. - V. 45. - № 4. - P. 52-58.
18. Provenance selection and site conditions determine growth performance of pedunculate oak / A. Buras, U. Sass-Klaassen, I. Verbeek, P. Copini // Dendrochronologia. – 2020. – Vol. - № 61125705.
19. Thomas, F. M. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe / F. M. Thomas, R. Blank, G. Hartmann // Forest Pathology. - 2002. – Vol. 32(4-5). - P. 277-307.

Особенности строения и развитие крон древесных растений рода *Robinia* L.

Сергей Евгеньевич Лазарев

Соискатель, старший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
Hortus@yandex.ru
 0000-0001-6473-6242

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая
лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
doksemenutina@mail.ru
 0000-0003-3250-6877

Поступила в редакцию 8.09.2020

Принята 22.12.2020

Опубликована 15.03.2021

 10.25726/i6395-6040-9461-r

Аннотация

Важнейшим элементом формирования габитуса древесных растений является размер и форма кроны. Проектирование декоративных композиций в садово-парковом строительстве возможно только с учетом особенностей строения и развития крон. В родовом комплексе *Robinia* L. представлено четыре вида и несколько декоративных форм древесных растений, существенно отличающихся строением и особенностями развития крон. Проектирование ландшафтных композиций с использованием этих растений затрудняется тем, что все они способны формировать разные типы крон в зависимости от экологических условий произрастания в процессе онтогенетического развития. В связи с этим целью данной работы стало изучение особенностей строения и развития крон представителей рода *Robinia* в разных экологических условиях. Объектами исследований являлись виды и формы рода *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray.; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe.; произрастающие в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН, кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10. Проведенные исследования показали, что на формирование крон оказывает влияние генетически обусловленная архитектурная модель, а также экологические факторы среды обитания, главными из которых являются: гидрологический режим, освещенность и ветровая нагрузка. Формирование определенной жизненной формы под воздействием гидрологического режима приводит к изменению общей геометрии кроны, неравномерное освещение к увеличению асимметрии, а повышенная ветровая нагрузка уменьшает общую плотность кроны. Установлено, что для *R. pseudoacacia* с жизненной формой одноствольного дерева типичной является раскидистая форма кроны, а для *R. neomexicana* и *R. viscosa* – узкоовальная и купольная соответственно. Многоствольные жизненные формы *R. neomexicana* имеют преимущественно округловерхнеовальные кроны, *R. viscosa* – округлокупольные. Кроны *R. pseudoacacia* с изменением жизненной формы как правило меняют только общую геометрию, сохраняя при этом раскидистую форму. Формирование такого типа кроны вызвано крупными размерами растений этого вида. Большая высота и диаметр кроны приводят к повышенной

ветровой нагрузке (Chan W., Eng Y..., 2020; Bunce A., Volin J.C., Miller D.R., 2019), для снижения которой в процессе эволюции сформировалась раскидистая крона с высокой степенью ажурности (просветы составляют 60-70%). Выявлено, что строгие геометрические шаровидные и колоновидные формы характерны только для декоративных форм *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* и *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*, а высокоштамбовые формы образуются у растений после радикальной омолаживающей обрезки на высоте 3-3,5 метров. *R. pseudoacacia* после радикальной омолаживающей обрезки формирует округло-овальную, *R. neomexicana* – округло-верхнеовальную, а *R. viscosa* – ширококупольную или даже зонтично-купольную форму. Анализ архитектурных моделей позволил определить основные закономерности формирования крон различных видов. Так, при развитии купольной кроны *R. viscosa* определяющим фактором является генетическая предрасположенность к образованию наклоненно-поникающих обрастающих ветвей. Восходящие и наклоненные побеги *R. neomexicana* при относительно высокой плотности кроны (просветы составляют 50-60%) приводят к формированию узкоовальной формы кроны. В процессе реализации генетической программы развития у *R. pseudoacacia* преимущественно образуются скелетные ветви, восходящие под углом (45) 50-70 градусов, а у *R. viscosa* и *R. neomexicana* под углом 60-80 (85) градусов. Результаты проведенных исследований показали, что существенную трансформацию кроны всех видов претерпевают в процессе онтогенеза. У синильных экземпляров одноствольных деревьев значительно увеличивается асимметричность, кроны приобретают раскидистую или флагообразную форму. Дальнейшие процессы старения приводят к потере центрального проводника и трансформации жизненной формы в многоствольное аэроксильное или геоксильное дерево. Установлено, что плотность крон всех изучаемых видов *Robinia* имеет ярко выраженную сезонную и суточную динамику. Сезонная динамика определяется не только осенним, но и летним листопадом. Суточные колебания плотности протекают благодаря термонастическим движениям сложных листьев.

Ключевые слова

Озеленение; плотность кроны; габитус; архитектурная модель; жизненные формы; развитие крон; *Robinia*, *R. pseudoacacia*, *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. hispida*, *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*, фиторазнообразии

Исследования выполнены по теме Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (№ 121041200195-4).

Введение

Внешний вид растения является главным критерием отбора при проектировании декоративных композиций в ландшафтной архитектуре. При этом, особенности строения кроны всегда выступают важнейшим элементом в формировании общего облика древесных растений. Габитус древесных растений определяется формой, фактурой, плотностью кроны, а также строением ствола, скелетных и обрастающих ветвей. Формирование композиций в садово-парковом строительстве возможно только с учетом всех особенностей строения и развития крон древесных растений. Подбор ассортимента для проектирования декоративных древесных групп и ландшафтных композиций осложняется тем, что большинство древесных растений склонно к формированию разных типов крон в зависимости от условий произрастания. Одним из характерных примеров полиморфности в строении крон даже при небольшом таксономическом разнообразии является род *Robinia* L [10; 11].

В связи с этим целью данной работы стало изучение особенностей строения и развития крон представителей рода *Robinia* в разных экологических условиях.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись виды, разновидности и формы древесных растений рода *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray.; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* Vent. var. *hartwegii* (Koehne) Ashe.

Исследовательские работы проводились на базе кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр №34:34:000000:122, 34:34:060061:10) и в объектах озеленения общего, ограниченного пользования и специального назначения населенных пунктов Волгоградской области.

Характеристика жизненных форм растений проводилась по классификации И.Г. Серебрякова: многоствольные и одноствольные деревья, кустарники, а также по классификации Г.М. Зозулина: рестативные и ирруптивные. Размеры, структура и этапы формирования крон изучались по данным таксационных измерений в насаждениях различного типа и возраста. Форма кроны определялась по соотношению вертикальных и горизонтальных проекций. Классификация крон изучаемых растений проводилась по системе А.И. Колесникова: раскидистая, пирамидальная, овальная, яйцевидная, обратнойцевидная, зонтичная, шаровидная, штамбовая, кустовая, флагообразная. В соответствии с классификацией М.И. Черкасова по геометрии верхней и нижней части кроны были разделены на овальные, нижнеовальные, верхнеовальные и купольные, а по соотношению высоты и ширины на узкокронные (широкопирамидальные), округлые, ширококронные и зонтичные (рисунок 1).

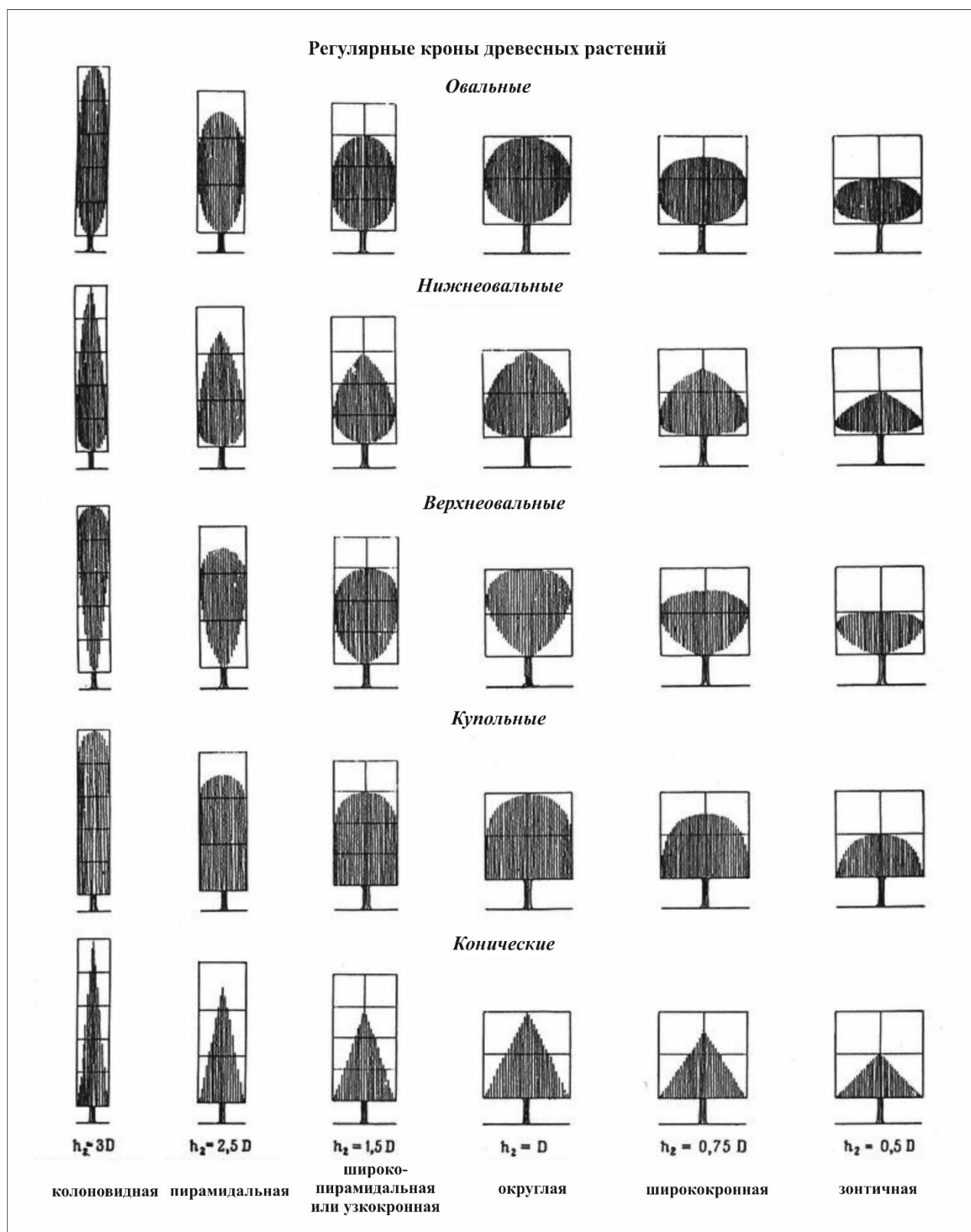


Рисунок 1. Классификация древесных растений по соотношению высоты, ширины и геометрии верхней и нижней части кроны

Характеристика крон по плотности проводилась по общепринятой классификации. Степень ажурности определялась по процентному соотношению просветов кроны: легкая, сквозистая (просветы составляют 50% и более), средней плотности (просветы составляют от 25 до 50%), массивная, плотная

(просветы составляют не более 25%). Оценка поверхности строения кроны (фактуры) проводилась по следующей классификации: крупная рыхлая, крупная плотная, мелкая рыхлая и мелкая плотная.

Описание системы скелетных, обрастающих ветвей и побегов проводили с учетом основного направления роста: прямостоячие, наклоненные, поникающие, свешивающиеся, восходящие, стелящиеся, ползучие, вьющиеся, лазающие, а также ортотропные, плагиотропные и анизотропные.

Таксационные показатели насаждений определялись методом массовых наблюдений с использованием среднеарифметических величин. Математическая обработка результатов осуществлялась в прикладной программе MS Excel с определением средних значений и стандартного отклонения (σ) для характеристики рассеивания показателей тех или иных признаков.

Результаты и обсуждение

Все представители рода *Robinia* – древесные растения. Типичную жизненную форму кустарника имеет только один вид – *Robinia hispida* L. Остальные виды в зависимости от условий произрастания могут формировать жизненную форму одноствольного или многоствольного дерева. Одноствольная жизненная форма характерна для растений, произрастающих в оптимальных, а многоствольная - в сложных лесорастительных условиях [3]. Уменьшение общей высоты и формирование многоствольных систем является важным приспособлением для выживания растений при недостаточном или избыточном влаго- и теплообеспечении [13; 2].

Кроме жизненной формы, на развитие определенного типа кроны непосредственное влияние оказывают условия произрастания. Одноствольные деревья *R. pseudoacacia* склонны к формированию раскидистой кроны, однако в плотных сомкнутых насаждениях при ухудшении освещенности деревья крайних рядов, как правило, образуют неправильные флагообразные кроны [6], а в оптимальных условиях освещения отдельно растущие деревья (солитеры) - узкоовальные или узковерхнеовальные кроны (таблица 1).

Для одноствольных деревьев *R. viscosa* типичной можно считать узкокупольную или узковерхнеовальную форму кроны, при этом в сложных лесорастительных условиях она может формировать раскидистую или флагообразную крону.

R. neomexicana, как и *R. viscosa* под воздействием неблагоприятных экологических факторов также могут образовывать раскидистую или флагообразную форму, однако типичной для нее можно считать узкоовальную или узкокупольную крону (таблица 1).

Таблица 1. Формы кон представителей рода *Robinia* в зависимости от условий произрастания и агротехники выращивания

	Одноствольное дерево Оптимальные лесорастительные условия	Многоствольное дерево Сложные лесорастительные условия	Радикальная омолаживающая обрезка Высота штамба 3-3,5м
<i>Viscosa</i>	Узкокупольная Узковерхнеовальная Раскидистая Флагообразная	Округлокупольная Раскидистая	Ширококупольная Зонтичнокупольная Флагообразная
<i>Pseudoacacia</i>	Раскидистая Узковерхнеовальная Узкоовальная Флагообразная	Раскидистая Округло-верхнеовальная	Округло-овальная Округло- верхнеовальная
<i>Neomexicana</i>	Узкоовальная Узковерхнеовальная Раскидистая Флагообразная	Округло-верхнеовальная Раскидистая	Округло- верхнеовальная Округлокупольная

Пирамидальная	Колоновидная Раскидистая (синильные)	Колоновидная Раскидистая (синильные)	-
Шаровидная (привитая форма)	Шаровидная Штамбовая Флагообразная (синильные)	-	-

Кроме экологических условий на формирование той или иной формы кроны непосредственное влияние оказывает архитектурная модель, как генетическая программа развития общей конструкции взрослого растения. При этом большое влияние на внешний вид оказывает система обрастающих ветвей. По данному признаку явно выделяется *R. viscosa*, побеги которой имеют обратный рост, благодаря чему формируется наклоненно-понижающаяся система ветвей. Склонность к образованию системы поникающих побегов приводит к развитию купольной формы кроны. В отличие от *R. viscosa*, *R. pseudoacacia* имеет преимущественно восходящие, а *R. neomexicana* наклоненные и восходящие обрастающие ветви (рисунок 2).



Рисунок 2. Типичные формы крон представителей рода *Robinia* с жизненной формой одноствольного дерева: а) *Robinia pseudoacacia*, б) *Robinia neomexicana*, в) *Robinia viscosa*.

Форма кроны зависит также от системы скелетных ветвей. Даже на открытых пространствах одиночно стоящие деревья *R. pseudoacacia* склонны к формированию скелетных ветвей, восходящих под углом (45) 50-70 градусов. У *R. viscosa* и *R. neomexicana* наклон скелетных ветвей выражен слабее. Скелетные побеги преимущественно отходят под углом 60-80 (90) градусов.

В сложных лесорастительных условиях все представители развивают жизненную форму многоствольного дерева. Возникающие отличия в структуре основных скелетных осей в первую очередь приводят к изменению общей геометрии крон. Так, узкокупольная крона *R. viscosa* становится

более широкой, приобретая округлокупольную форму, а узкоовальная крона *R. neomexicana* приобретает округло-верхеовальную форму.

Шаровидные и пирамидальные формы кроны древесных растений в естественных условиях встречаются довольно редко, поэтому геометрически правильные формы быстро закрепляются в культуре. Так, в декоративном садоводстве широкое распространение получили: *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* с колоновидной и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* с шаровидной формой кроны.

Штамбовая шаровидная декоративная форма размножается только искусственным вегетативным способом. В объекты озеленения она попадает уже в виде сформированных растений в виргинильном возрасте с типичной шаровидной формой кроны. Взрослые растения *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* не вступают в генеративную фазу, однако у них увеличиваются общие размеры и утолщается штамб. У стареющих деревьев начинается деформация формы кроны. За счет отмирания части обрастающих и скелетных ветвей усиливается асимметричность и сильно уменьшается плотность. У синильных растений увеличение асимметричности приводит к формированию типичной флагообразной кроны (рисунок 3).

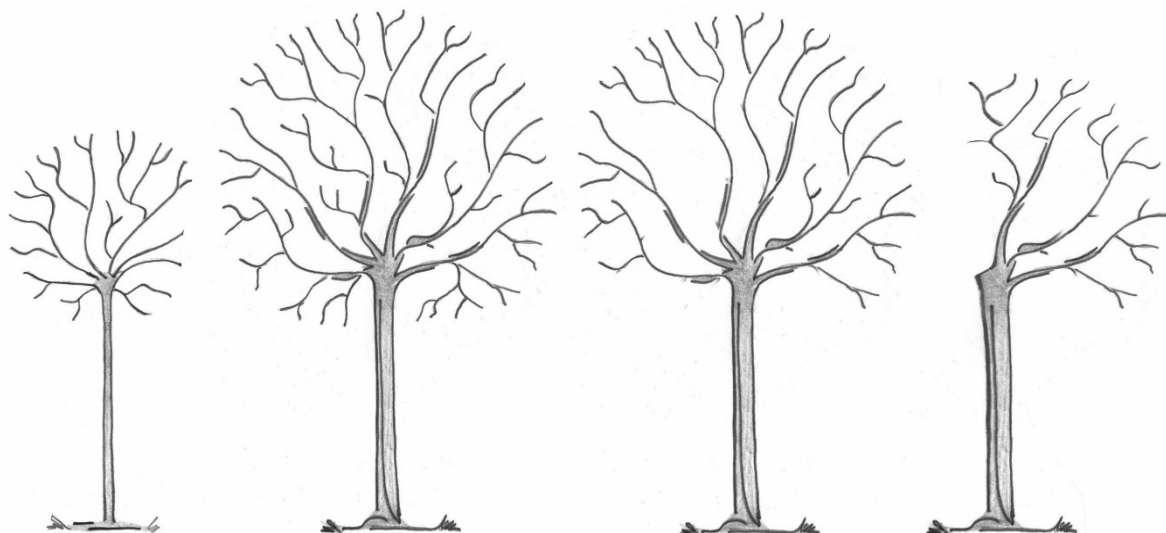


Рисунок 3. Развитие и старение кроны *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*

Аналогично протекает старение у *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* с колоновидной формой кроны. У стареющих экземпляров крона становится более редкой и появляется асимметрия. Синильные растения как правило теряют центральные скелетные ветви за счет чего крона приобретает раскидистую форму (рисунок 4).

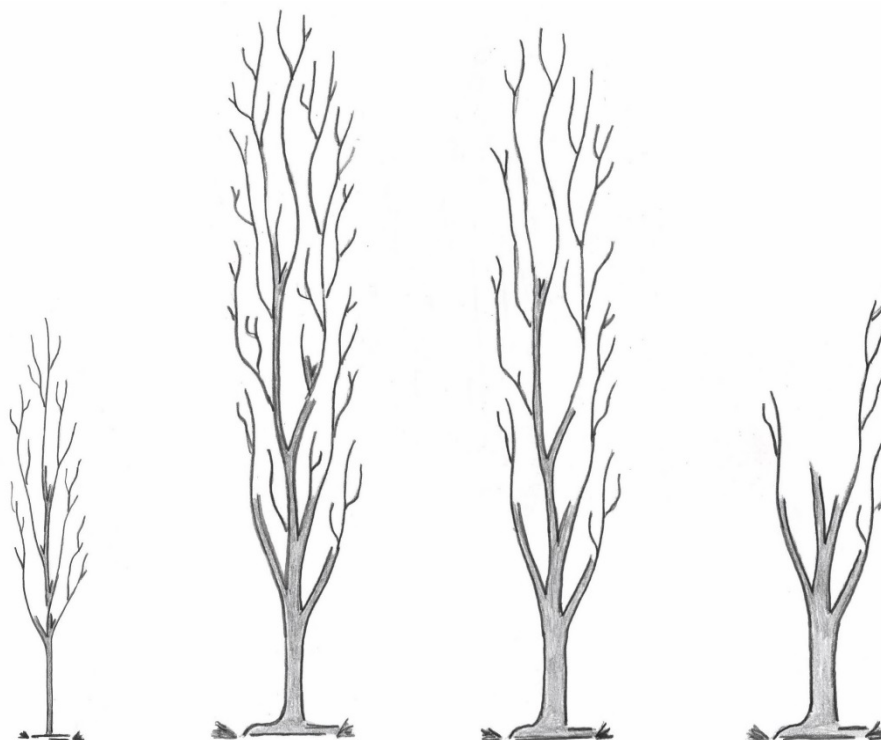


Рисунок 4. Развитие и старение кроны *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*

Процессы старения крон и смены жизненных форм у типичных представителей *R. pseudoacacia* протекают немного иначе. Старение начинается с уменьшения плотности кроны. Отмирает часть обрастающих ветвей, увеличивается ажурность. На следующем этапе сокращается количество скелетных ветвей. При чем, в первую очередь, дерево теряет нижние скелетные ветви. Суховершинность и потеря ветвей в центральной части кроны наблюдается только на следующем этапе старения.

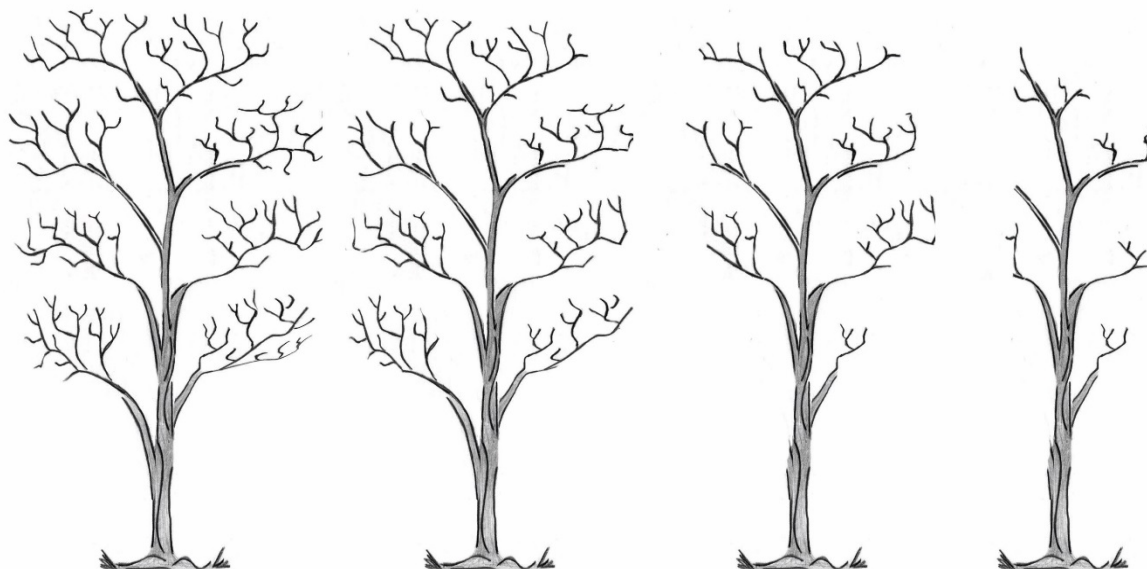


Рисунок 5. Развитие и старение кроны *Robinia pseudoacacia*

Все представители рода *Robinia* имеют рестативную или ирруптивную жизненную форму, поэтому потеря большинства надземных органов не приводит к полной гибели растений. Вегетативное возобновление начинается за счет образования и развития придаточных почек в нижней части ствола стареющего дерева. На дальнейшем этапе онтогенеза начинается развитие жизненной формы многоствольного дерева. В естественных условиях вегетативное возобновление, как правило, приводит к формированию многоствольной структуры по аэроксильному типу, однако проведение санитарных рубок на данном этапе обычно провоцирует дальнейшее развитие многоствольного дерева геоксильного типа (рисунок 6).

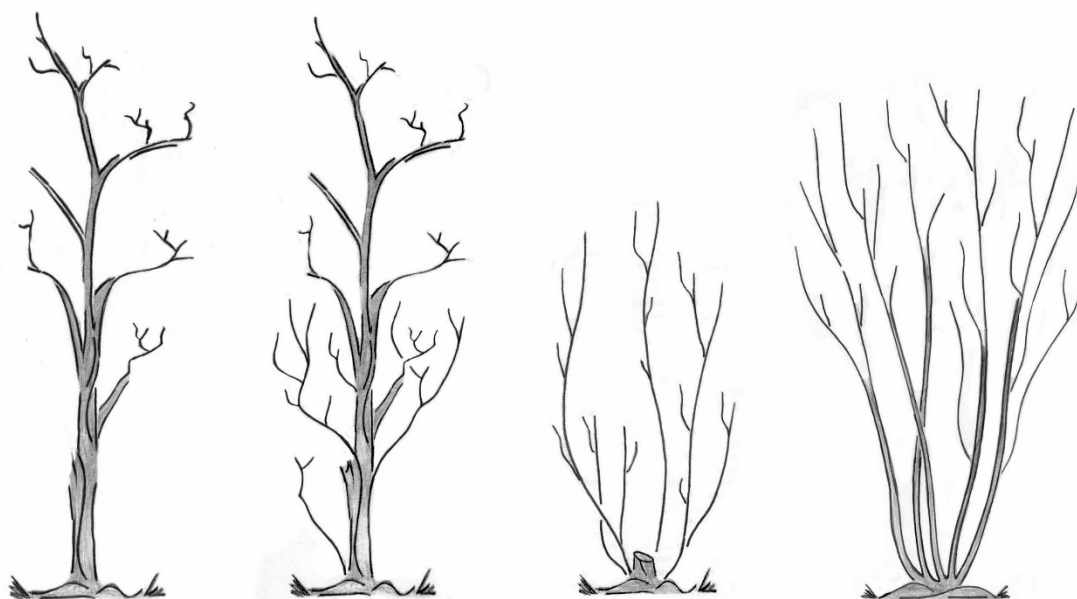


Рисунок 6. Вегетативное возобновление роста *Robinia pseudoacacia* и смена жизненной формы с одноствольного на многоствольное дерево

Таким образом, форма кроны и жизненная форма всех представителей рода *Robinia* сильно меняется в процессе онтогенеза. Процессы трансформации наблюдаются не только у стареющих деревьев, но и в молодом возрасте. Так, в неблагоприятных условиях существования, многие представители в имматурном состоянии могут иметь жизненную форму кустарника, однако с появлением благоприятных условий начинает формироваться центральный проводник и растение приобретает жизненную форму одноствольного дерева.

К сильной трансформации кроны приводят также санитарные рубки, радикальные омолаживающие и формирующие обрезки. Предрасположенность к формированию новой формы кроны после радикальной обрезки во многом зависит от видовой принадлежности и определяется генетической программой развития. Радикальная обрезка *R. pseudoacacia* на высоте 3-3.5 метров приводит к образованию большого количества обрастающих восходящих или наклоненных побегов с выраженным ортотропным ростом. Данная модель приводит к формированию округло-овальной формы кроны. Однако, дальнейшее развитие в процессе онтогенеза, как правило, приводит к частичной потере нижних ветвей и образованию кроны верхнеовальной формы. Процесс трансформации округло-овальной кроны в верхнеовальную ускоряется в неблагоприятных условиях при недостаточном освещении (рисунок 7).

Необходимо отметить, что после радикальной обрезки образование придаточных почек и формирование обрастающих побегов может происходить по всей высоте оставшейся части ствола. Склонность к вегетативному возобновлению в нижней части увеличивается с возрастом. Особенно выражен этот процесс у стареющих и синильных деревьев, поэтому радикальную обрезку с целью формирования штамбовой округло-овальной формы необходимо начинать в генеративном возрасте, не дожидаясь появления процессов старения кроны.



Рисунок 7. Типичные высокоштамбовые кроны представителей рода *Robinia* после радикальной обрезки на высоте 3-3,5 м.: а) *Robinia pseudoacacia*, б) *Robinia neomexicana*, в) *Robinia viscosa*.

Восстановление кроны *R. neomexicana* после радикальной обрезки на высоте 3-3,5 метров происходит по другому типу. *R. neomexicana* имеет относительно небольшие размеры, поэтому обрезка на такой высоте приводит к побегообразованию по всей высоте оставшейся части ствола. Развитие обрастающих ветвей в верхней части штамба происходит менее интенсивно чем у *R. pseudoacacia*, поэтому дальнейшее формирование штамба возможно только с помощью дополнительной формирующей обрезки. Кроме того, обрастающие побеги теряют способность к ортотропному росту, что приводит к образованию системы наклоненных ветвей и как следствие округло-верхнеовальной или даже округлокупольной кроны (рисунок 7).

R. viscosa, как и *R. neomexicana* имеет относительно небольшие размеры поэтому радикальная обрезка на высоте 3-3,5 метров запускает аналогичные процессы регенерации. Однако склонность *R. viscosa* к формированию поникающих побегов с обратным ростом приводит к формированию ширококупольной и даже зонтичной кроны.

Необходимо отметить, что формирование таких крон возможно только при достаточной освещенности. При недостатке освещения после радикальной обрезки *R. viscosa* и *R. neomexicana* образуют ассиметричные раскидистые или флагообразные кроны.

Большое значение для формирования общего габитуса растения имеет плотность и фактура кроны [15]. По плотности все представители имеют легкое ажурное строение. Самой редкой, сквозистой кроной (просветы составляют более 60-70%) отличается *R. pseudoacacia*. Несколько плотнее, как-правило, кроны *R. neomexicana* и *R. viscosa* (просветы составляют 50-60%).

Все изучаемые представители имеют мелкую рыхлую фактуру кроны, так как обладают крупными сложными листьями с мелкими листовыми пластинками (рисунок 8).



Рисунок 8. Мелкая рыхлая фактура кроны *Robinia pseudoacacia*

Необходимо отметить, что на плотность кроны непосредственное влияние оказывает строение, размеры и количество листьев. При этом количество листьев, а значит и плотность кроны может значительно варьировать в течении вегетационного периода. Данные процессы характерны для растений разных флористических царств и областей [5]. Во время летней продолжительной засухи все представители рода *Robinia* способны сбрасывать часть листьев для снижения общей транспирации, что приводит к увеличению сквозистости (ажурности) крон (рисунок 9).



Рисунок 9. Уменьшение плотности кроны *R. pseudoacacia* после летнего листопада

Плотность кроны может даже меняться в зависимости от времени суток. Все виды рода *Robinia* имеют активный механизм снижения температуры листьев в период продолжительной засухи. Способность к термонастическим движениям позволяет складывать листочки сложного листа под воздействием высоких дневных температур (рисунок 10). Восстановление формы листьев наблюдается в вечернее время при снижении температуры поверхности листовых пластинок. Таким образом данный механизм значительно снижает плотность кроны в самое жаркое время суток. В связи с этим использование *Robinia* в качестве серьезной теневой завесы для снижения общей солнечной радиации мало перспективно.



Рисунок 10. Суточные колебания плотности кроны *R. neomexicana* за счет термонастических движений листочков сложного листа

Другая важная характеристика общего габитуса древесных растений – это высота и диаметр кроны, а также высота штамба.

Высота штамба различных представителей отличается незначительно. Она не имеет явных видовых особенностей и зависит исключительно от условий произрастания и возраста растений. Более высокими штамбами отличаются растения в густых сомкнутых насаждениях, а низкие – формируются при достаточном освещении на открытых пространствах.

В отличие от высоты штамба, общая высота растений и диаметр крон носят видоспецифичный характер. Сравнительная характеристика различных представителей рода *Robinia* в 20-летнем возрасте в сухостепных условиях показала, что максимальных размеров достигают насаждения *R. pseudoacacia* на нижних террасах крупных балок и речных долин по высоте 10,85 м ($\sigma = 0,69$) и проекции кроны 5,35 x 6,15 ($\sigma 0,53-0,83$). *R. neomexicana* var. *rusbyi* в озеленительных насаждениях ограниченного и общего пользования в условиях орошения достигает высоты 7,85 м ($\sigma = 0,75$) и проекции кроны 4,75 x 5,72 ($\sigma 0,45-0,63$). В озеленительных насаждениях г. Волгограда *R. viscosa* var. *hartwegii* достигает высоты 5,25 м ($\sigma = 1,13$) с проекцией кроны 3,52 x 4,28 ($\sigma 0,58-0,59$). Самые крупные экземпляры *R. viscosa* var. *hartwegii* были зафиксированы в объектах озеленения населенных пунктов Черноярского района Астраханской области в возрасте 20-лет они достигали высоты 7,2 м при проекции кроны 4,15 x 4,52 ($\sigma 0,49-0,75$) м. (таблица 2).

Таблица 2. Таксационные показатели насаждений различных видов и форм рода *Robinia* L. в защитных лесных насаждениях Южного федерального округа

Насаждение	Тип посадок, кол-во	Возраст (лет)	Высота (м)	Диаметр (см)	Индекс многоствольности	Проекция кроны (м)
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>neomexicana</i>	массив	~20	7,20	5,85	2,33	3,67 x 4,07

Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.631616°N 44.423020°E).			σ 0,35	σ 2,26	σ 0,52	σ 0,83-1,01
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>neomexicana</i> Противоэрозионные и лесозащитные насаждения территории ВОЛГУ, средняя часть склона р. Волга. (г. Волгоград: 48.641656°N 44.431266°E).	много-рядная	~20	5,93 σ 0,28	5,71 σ 1,86	2,8 σ 0,84	4,04 x 4,72 σ 0,55-0,41
<i>Robinia neomexicana</i> ф. бледно-фиолетовая Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	7,51 σ 0,58	7,0 σ 2,75	2,5 σ 0,52	4,54 x 5,48 σ 1,46-1,53
<i>Robinia neomexicana</i> ф. бледно-розовая Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	5,42 σ 0,38	5,52 σ 2,05	2,4 σ 0,32	3,92 x 5,35 σ 0,42-0,71
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>rusbyi</i> Озеленительные насаждения ограниченного и общего пользования (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	7,85 σ 0,75	7,52 σ 1,94	1,9 σ 0,24	4,75 x 5,72 σ 0,45-0,63
<i>Robinia pseudoacacia</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).	груп-повая	~20	10,85 σ 0,69	8,29 σ 3,99	1,75 σ 1,83	5,35 x 6,15 σ 0,53-0,83
<i>Robinia pseudoacacia</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, водораздельная территория р. Отрада, б. Григорова и б. Хохлатская (г. Волгоград, 48.617162°N 44.373890°E).	много-рядная	~20	8,50 σ 0,37	9,25 σ 5,05	4,0 σ 1,83	5,8 x 5,0 σ 1,14-1,19
<i>Robinia pseudoacacia</i> Придорожная защитная полоса, нижняя терраса Ергенинской возвышенности (г. Волгоград, 48.478303°N 44.542255°E).	рядовая,	~50	15,48 σ 1,02	48,14 σ 4,74	1,17 σ 0,41	7,0 x 7,4 σ 2,08-1,92
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. <i>pyramidalis</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, водораздельная территория р. Отрада, б. Григорова и б. Хохлатская (г. Волгоград, 48.617162°N 44.373890°E).	рядовая,	~20	9,04 σ 0,72	6,9 σ 3,32	5,2 σ 1,54	2,4 x 2,6 σ 1,09-1,72
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. <i>umbraculifera</i> Насаждения общего пользования (Волгоградская область, г. Волжский, 48.789792°N 44.767318°E).	рядовая	~30	5,29 σ 0,19	34,8 σ 3,56	1 σ 0,00	4,28 x 5,32 σ 0,76-1,23
<i>Robinia viscosa</i> var. <i>hartwegii</i> Насаждения ограниченного пользования территории жилой застройки (г. Волгоград, 48.714435°N 44.522379°E)	груп-повая	~20	5,25 σ 1,13	14,4 σ 2,51	1 σ 0,00	3,52 x 4,28 σ 0,58-0,59
<i>Robinia pseudoacacia</i> x <i>Robinia neomexicana</i> Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии	груп-повая	~20	9,25 σ 1,15	7,91 σ 2,45	1,8 σ 1,52	5,15 x 6,05 σ 0,83-1,45

РАН, нижняя терраса б. Григорова (г. Волгоград: 48.657598°N 44.438422°E).						
<i>Robinia viscosa</i> var. <i>hartwegii</i> Насаждения ограниченного пользования, с. Старица, Астраханская область.	солитерная	~20	7,2 σ 0,75	21,3 σ 2,31	1 σ 0,00	4,15 x 4,52 σ 0,49- 0,75

Заключение

Проведенные исследования показали, что все представители рода *Robinia* могут формировать различные жизненные формы и типы крон в зависимости от условий произрастания. Главным определяющим фактором формирования той или иной жизненной формы в аридных условиях Европейской территории России является гидрологический режим местообитания. Одноствольные жизненные формы образуются только при достаточном влагообеспечении в азональных пойменных и байрачных сообществах [4] или в условиях культуры при дополнительном орошении. В типичных сухостепных условиях аридного региона все виды *Robinia* склонны к формированию жизненной формы многоствольного дерева.

На формирование разных типов крон оказывает непосредственное влияние генетически обусловленная архитектурная модель, а также экологические факторы среды обитания. Из экологических факторов необходимо выделить следующие: гидрологический режим, освещенность и ветровая нагрузка. У представителей рода *Robinia*, как и многих древесных растений, изменение гидрологического режима приводит к смене жизненной формы и трансформации общей геометрии кроны [12], неравномерное освещение к увеличению асимметрии [8], а повышенная ветровая нагрузка уменьшает общую плотность кроны [14].

Кроме этого архитектурная модель обеспечивает развитие видоспецифичных типов крон. Так, обратный рост побегов *R. viscosa* определяет формирование наклоненно-поникающей системы обрастающих ветвей образующих купольную форму кроны. Восходящие и наклоненные побеги *R. neomexicana* при относительно высокой плотности кроны (50-60% просветов) образуют узкоовальную форму кроны. *R. pseudoacacia* является самым крупным представителем родового комплекса. Большая высота и диаметр кроны приводят к повышенной ветровой нагрузке на растение в целом. Для снижения негативного воздействия данного экологического фактора *R. pseudoacacia* имеет генотипическую предрасположенность к образованию раскидистой кроны с более высокой степенью ажурности (60-70%).

Формирование системы скелетных ветвей также происходит под влиянием генетической программы развития. Так, *R. pseudoacacia* склонна к образованию скелетных ветвей, восходящих под углом (45) 50-70 градусов, а *Robinia viscosa* и *Robinia neomexicana* под углом 60-80 (90) градусов.

Трансформация крон наблюдается также в процессе онтогенетического развития. Стареющие растения, за счет частичной потери скелетных ветвей обычно меняют геометрические кроны на раскидистые и даже флагообразные конструкции. Благодаря релаксативной и ирруптивной жизненной форме, синильные одноствольные экземпляры в результате вегетативного возобновления постепенно развивают жизненную форму геоксильного или аэроксильного многоствольного дерева. Параллельно с этим претерпевает изменение и общая геометрия кроны. У *R. viscosa* узкокупольная крона сменяется округлокупольной, у *R. neomexicana* узкоовальная изменяется на округло-верхнеовальную или раскидистую. Многоствольные древесные растения обычно уступают по высоте одноствольным, поэтому смена жизненной формы сопровождается уменьшением общих размеров растения, и кроны в частности.

В условиях культуры широкое распространение получили *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* с колоновидной и шаровидной формой кроны соответственно. Образование штамбовых геометрических форм в условиях культуры достигается также с помощью дополнительных агротехнических мероприятий: радикальная (омолаживающая) и формирующая обрезки. При этом формирование крон после радикальной обрезки происходит у разных видов по-разному. В зависимости

от генетически обусловленной программы развития возобновление роста *R. neomexicana* приводит к образованию округло-овальной, у *R. neomexicana* округло-верхнеовальной, а у *R. viscosa* ширококупольной или даже зонтичнокупольной формы кроны.

В результате проведенных исследований установлено, что плотность крон всех изучаемых видов *Robinia* имеет ярко выраженную сезонную и суточную динамику. Самая высокая плотность наблюдается в весенне-летний период во время активного роста. После летнего листопада, вызванного продолжительной засухой плотность крон может значительно снижаться. Суточная динамика плотности также проявляется в летний период во время продолжительных засух. За счет термонастических движений под воздействием высоких радиационных температур происходит продольное складывание сложных листьев, за счет чего значительно снижается плотность и увеличивается сквозистость кроны.

Список литературы

1. Лазарев С.Е. Механизмы адаптации и жизненные стратегии видов рода *Robinia* L. в условиях интродукции // Наука. Мысль. 2020. Т.10. № 1. С. 48-67.
2. Лазарев С.Е. Формовое разнообразие и декоративные свойства представителей рода *Robinia* L. в условиях сухой степи // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С.42-50.
3. Лазарев С.Е., Семенютина А.В. Перспективность видов и форм рода *Robinia* L. для лесозащитных и озеленительных насаждений // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 11-17.
4. Лазарев С.Е., Семенютина А.В., Хатько А.А. Анализ современного состояния и перспективы экологической реабилитации древесных насаждений долин рек // Наука. Мысль. 2020. Т. 10. № 1. С. 22-47.
5. Axelsson C.R., Hanan N.P. Patterns in woody vegetation structure across African savannas // Biogeosciences. - 2017. -Volume 14. - Issue 13. - P. 3239-3252.
6. Bayer D., Reischl A., Rötzer T., Pretzsch H. Structural response of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) to varying urban environments analyzed by terrestrial laser scanning: Implications for ecological functions and services // Urban Forestry and Urban Greening. – 2018. - Volume 35. – P.129-138
7. Bunce A., Volin J.C., Miller D.R., Parent J. Determinants of tree sway frequency in temperate deciduous forests of the Northeast United States // Agricultural and Forest Meteorology. - 2019. - Volume 266-267. - P.87-96
8. Carrillo-Angeles I.G., Queijeiro-Bolaños M.E., Malda-Barrera G.X., Suzán-Azpíri H. Aesthetic growth of a native tree species with desirable characteristics for urban green areas in arid and semiarid environments // Urban Forestry and Urban Greening. - 2018. -Volume 33. – P.12-15
9. Chan W., Eng Y., Ge Z., Lim C., Gobeawan L., Poh H., Wise D., Burcham D., Lee D., Cui Y., Khoo B. Wind loading on scaled down fractal tree models of major urban tree species in Singapore // Forests. - 2020. - Volume 11. - Issue 8. - Article № 803.
10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the Tree Counting Process in the Process of Urban Reclamation with the use of Fuzzy Neural Network for Agro forestry // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. - 2020. - Volume 9. - №.4. - p. 6232-6237
11. Lyudmyla V. Vehera The Use of *Robinia* L. Genus Representatives in Greenery Optimization of the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine // Journal of Native and Alien Plant Studies 15, (2019), p.159-165
12. Markham, J., Fernández Otárola M. Wind creates crown shyness, asymmetry, and orientation in a tropical montane oak forest // Biotropica. – 2020. - Volume 52. - Issue 6. P.1127-1130
13. McGregor I., Helcoski R., Kunert N., Tepley A., Gonzalez-Akre E., Herrmann V., Zailaa J., Stovall A., Bourg N., McShea W., Pederson N., Sack L., Anderson-Teixeira K. Tree height and leaf drought tolerance traits shape growth responses across droughts in a temperate broadleaf forest // New Phytologist. – 2020.

14. Rutledge B.T., Cannon J.B., McIntyre R.K., Holland A.M., Jack S.B. Tree, stand, and landscape factors contributing to hurricane damage in a coastal plain forest: Post-hurricane assessment in a longleaf pine landscape // *Forest Ecology and Management*. – 2021. - Volume 481. - Article № 118724.

15. Wu H., Fu S., Song L., He X., Chen W. Model for aesthetics evaluation of urban shrubs in Shenyang // *Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition)*. 2007. - Volume 26. - Issue SUPPL. 1. – P. 304-306.

Features of the structure and development of the crowns of woody plants of the genus *Robinia* L.

Sergey Y. Lazarev

Aspirant, senior Researcher of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
Hortus@yandex.ru
 0000-0001-6473-6242

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
doksemenutina@mail.ru
 0000-0003-3250-6877

Received 8.09.2020

Accepted 22.12.2020

Published 15.03.2021

 10.25726/i6395-6040-9461-r

Abstract

The most important element in the formation of the habitus of woody plants is the size and shape of the crown. The design of decorative compositions in garden and park construction is possible only taking into account the features of the structure and development of the crowns. The genus complex *Robinia* L. contains four species and several decorative forms of woody plants that differ significantly in the structure and features of the development of the crowns. The design of landscape compositions using these plants is complicated by the fact that they are all able to form different types of crowns, depending on the environmental conditions of growth in the process of ontogenetic development. In this regard, the purpose of this work was to study the features of the structure and development of the crowns of representatives of the genus *Robinia* in different environmental conditions. The objects of research were the species and forms of the genus *Robinia* L.: *R. neomexicana* Gray.; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *Robinia viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe.; growing in dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, cadastre №34:34:000000:122, 34:34:060061:10. Studies have shown that the formation of crowns is influenced by a genetically determined architectural model, as well as environmental factors of the habitat, the main of which are: the hydrological regime, illumination and wind load. The formation of a certain life form under the influence of the hydrological regime leads to a change in the overall geometry of the crown, uneven lighting increases

the asymmetry, and increased wind load reduces the overall density of the crown. It was found that for *R. pseudoacacia* with the life form of a single-stemmed tree, the spreading form of the crown is typical, and for *R. neomexicana* and *R. viscosa* – narrow-oval and domed, respectively. The multi-stemmed life forms of *R. neomexicana* have mainly rounded – topped crowns, while *R. viscosa* has rounded-topped crowns. The crowns of *R. pseudoacacia*, with a change in the life form, usually change only the general geometry, while maintaining a spreading shape. The formation of this type of crown is caused by the large size of plants of this species. The high height and diameter of the crown lead to an increased wind load (Chan W., Eng Y..., 2020; Bunce A., Volin J. C., Miller D. R., 2019), to reduce which, in the course of evolution, a spreading crown with a high degree of openwork was formed (the gaps are 60-70%). It was revealed that strict geometric spherical and columnar forms are characteristic only for decorative forms of *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* and *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*, and high-stemmed forms are formed in plants after radical rejuvenating pruning at a height of 3-3.5 meters. *R. pseudoacacia* after radical rejuvenating pruning forms a round – oval, *R. neomexicana* – a round – upper oval, and *R. viscosa* – a wide-domed or even umbrella-domed form. The analysis of architectural models allowed us to determine the main patterns of crown formation of various types. Thus, in the development of the dome crown of *R. viscosa*, the determining factor is the genetic predisposition to the formation of inclined-drooping fouling branches. Ascending and tilted shoots of *R. neomexicana* at a relatively high crown density (the lumen is 50-60%) lead to the formation of a narrow oval crown shape. In the process of implementing the genetic development program in *R. pseudoacacia* mainly forms skeletal branches ascending at an angle of (45) 50-70 degrees, and in *R. viscosa* and *R. neomexicana* at an angle of 60-80 (85) degrees. The results of the conducted studies have shown that the crown of all species undergoes a significant transformation in the process of ontogenesis. In the blue specimens of single-stemmed trees, the asymmetry significantly increases, the crowns acquire a spreading or flag-shaped shape. Further aging processes lead to the loss of the central conductor and the transformation of the life form into a multi-stemmed aeroxyl or geoxyl tree. It was found that the crown density of all studied *Robinia* species has a pronounced seasonal and diurnal dynamics. Seasonal dynamics is determined not only by autumn, but also by summer leaf fall. Diurnal density fluctuations occur due to thermonastic movements of complex leaves.

Keywords

Landscaping; crown density; habit; architectural model; life forms; development of crowns; *Robinia*: *R. pseudoacacia*; *R. viscosa*; *R. neomexicana*; *R. hispida*; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*, phytodiversity

The research was carried out on the topic of the State Task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (No. 121041200195-4).

References

1. Lazarev S.E. Mehanizmy adaptatsii i zhiznennye strategii vidov roda Robinia L. v usloviyah introduktsii // Nauka. Mysl'. 2020. T.10. № 1. S. 48-67.
2. Lazarev S.E. Formovoe raznoobrazie i dekorativnye svoystva predstavitelej roda Robinia L. v usloviyah suhoj stepi // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2020. № 2 (109). S.42-50.
3. Lazarev S.E., Semenjutina A.V. Perspektivnost' vidov i form roda Robinia L. dlja lesozashhitnyh i ozelenitel'nyh nasazhdenij // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2020. № 8. S. 11-17.
4. Lazarev S.E., Semenjutina A.V., Ha'ko A.A Analiz sovremennogo sostojaniya i perspektivy jekologicheskoy reabilitatsii drevesnyh nasazhdenij dolin rek // Nauka. Mysl'. 2020. T. 10. № 1. S. 22-47.
5. Axelsson C.R., Hanan N.P. Patterns in woody vegetation structure across African savannas // Biogeosciences. - 2017. -Volume 14. - Issue 13. - P. 3239-3252.
6. Bayer D., Reischl A., Rötzer T., Pretzsch H. Structural response of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) to varying urban environments analyzed by

terrestrial laser scanning: Implications for ecological functions and services // *Urban Forestry and Urban Greening*. – 2018. - Volume 35. – P.129-138

7. Bunce A., Volin J.C., Miller D.R., Parent J. Determinants of tree sway frequency in temperate deciduous forests of the Northeast United States // *Agricultural and Forest Meteorology*. - 2019. - Volume 266-267. - P.87-96

8. Carrillo-Angeles I.G., Queijeiro-Bolaños M.E., Malda-Barrera G.X., Suzán-Azpíri H. Aesthetic growth of a native tree species with desirable characteristics for urban green areas in arid and semiarid environments // *Urban Forestry and Urban Greening*. - 2018. -Volume 33. – P.12-15

9. Chan W., Eng Y., Ge Z., Lim C., Gobeawan L., Poh H., Wise D., Burcham D., Lee D., Cui Y., Khoo B. Wind loading on scaled down fractal tree models of major urban tree species in Singapore // *Forests*. - 2020. - Volume 11. - Issue 8. - Article № 803.

10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the Tree Counting Process in the Process of Urban Reclamation with the use of Fuzzy Neural Network for Agro forestry // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. - 2020. - Volume 9. - №.4. - p. 6232-6237

11. Lyudmyla V. Vehera The Use of Robinia L. Genus Representatives in Greenery Optimization of the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine // *Journal of Native and Alien Plant Studies* 15, (2019), p.159-165

12. Markham, J., Fernández Otárola M. Wind creates crown shyness, asymmetry, and orientation in a tropical montane oak forest // *Biotropica*. – 2020. - Volume 52. - Issue 6. P.1127-1130

13. McGregor I., Helcoski R., Kunert N., Tepley A., Gonzalez-Akre E., Herrmann V., Zailaa J., Stovall A., Bourg N., McShea W., Pederson N., Sack L., Anderson-Teixeira K. Tree height and leaf drought tolerance traits shape growth responses across droughts in a temperate broadleaf forest // *New Phytologist*. – 2020.

14. Rutledge B.T., Cannon J.B., McIntyre R.K., Holland A.M., Jack S.B. Tree, stand, and landscape factors contributing to hurricane damage in a coastal plain forest: Post-hurricane assessment in a longleaf pine landscape // *Forest Ecology and Management*. – 2021. - Volume 481. - Article № 118724.

15. Wu H., Fu S., Song L., He X., Chen W. Model for aesthetics evaluation of urban shrubs in Shenyang // *Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition)*. 2007. - Volume 26. - Issue SUPPL. 1. – P. 304-306.

Генеративные и репродуктивные качества у таксонов рода *Gleditsia* в засушливых условиях

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Кристина Андреевна Мельник

Аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

melnik-k@vfanc.ru

 0000-0002-7345-2751

Поступила в редакцию 25.09.2020

Принята 14.12.2020

Опубликована 15.03.2021

 10.25726/r1830-4544-9621-o

Аннотация

Представители рода *Gleditsia* являются ценными деревьями для озеленения населенных пунктов. В районах с засоленными почвами (Юго-восток европейской части) они отличаются высокой степенью засухоустойчивости и толерантны к условиям солонцеватых почв. Проявляют декоративность в аллейных, одиночных посадках и небольших группах. Основным исходным материалом при их размножении являются семена. Вопрос изучения экологии цветения имеет большое значение для определения завязывания семян. Целью данной работы является сравнительный анализ показателей качества семян следующих видов интродуцентов разного географического происхождения, произрастающих в условиях каштановых почв: гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos*), гледичия обыкновенная форма бесколючковая (*Gleditsia triacanthos*, f. *inermis*), гледичия каспийская (*Gleditsia caspica*), гледичия техасская (*Gleditsia texana*). Они произрастают в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН кадастр 34:34:000000:122; 34:34:060061:10, Волгоградская область. Район исследований характеризуется сухим, жарким летом, недостатком осадков, амплитудой температур до 80°C. Температура самого холодного месяца достигает -37 °C, а летом воздух прогревался только до нуля. Абсолютный максимум составляет в летнее время + 42 °C. Среднегодовая численность осадков составляет 240–400 мм. Свойственным появлением для засушливого региона является засуха. Высокая и средняя интенсивность повторяемости засух доходит до 50 %. Природно-климатические условия района малоблагоприятны для озеленения и лесоразведения. Суховеи, несущие потоки горячего воздуха, оказывают губительное влияние для растений. В летний период времени возникают пыльные бури, наносящие вред зеленым насаждениям и плодородию почвы. Поэтому в засушливых условиях требуется тщательный подход к подбору древесных видов. Установлена длительность цветения *Gleditsia*, которая зависит от географической зоны происхождения. Раньше всех зацветают представители северного ареала (*G. triacanthos* и *G. texana*), а позднее – южного (*Gleditsia caspica*). Проведен морфометрический анализ (окраска семян, масса, длина, ширина семян). Выявлен процент проросших здоровых и зараженных вредителями

(*Megabruchidius dorsalis*) семян; всхожесть по отношению к характеристикам семян. Показатели доброкачественности семян у *Gleditsia triacanthos* в условиях каштановых почв Волгоградской области на достаточно высоком уровне (76,82 %) по сравнению с показателями семян у *Gleditsia texana*, где показатели доброкачественности в пределах 46,81 %. Выявлено, что в период созревания семян у различных видов рода *Gleditsia* наблюдались изменения их размеров и цвета. Семена у *Gleditsia triacanthos* удлинённые, эллиптические приплюснутые, коричневые, твердые. Цвет семенной оболочки менялся пятнистыми переходами от темно-зеленого до темно-коричневого. Размер уменьшался на одну единицу каждые сутки, пока не достиг 10 мм длины и 5 мм ширины, что больше чем *Gleditsia triacanthos*, f. *inermis* в 1,5 раза. *Gleditsia caspica* имеет овальные семена 10 мм длины и 6 мм ширины, а у *G. texana* форма семян округленная 9-10 мм длиной и 7-8 мм шириной у растений, произрастающих в засушливых условиях каштановых почв. Семена *Gleditsia* длительное время сохраняют всхожесть благодаря своей твердой оболочке, поэтому они могут входить в обменный фонд с гарантийными сроками хранения от 1 до 7 лет. Всхожесть семян *Gleditsia* зависит от условий их естественного местообитания. Хорошей всхожестью отличаются семена *G. triacanthos*. В засушливые годы (из-за высокой температуры и дефицита воды) у семян *G. caspica* были выявлены повреждения вредителями и болезнями. Динамично прорастают семена североамериканских видов рода *Gleditsia*. Более теплые и сухие условия благополучно влияют на развития семян *Gleditsia*.

Ключевые слова

Таксоны *Gleditsia*, цветение, генеративные и репродуктивные качества, доброкачественность семян, биоразнообразие, хозяйственно ценные деревья, стресс-факторы, генофонд, адаптация

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Род *Gleditsia* относится к семейству Caesalpiniaceae. *Gleditsia* обычно произрастает на известняковых почвах. Родовой комплекс очень вынослив и устойчив к засухе и к засолению. *G. triacanthos* широко используется для защиты от водной и ветровой эрозии почв. Дерево плотное, твердое и с прочной кроной. В ареале естественного распространения *Gleditsia* может достигать максимального возраста 125 лет [5,8,9,16].

Gleditsia растение двудомное, поэтому она легко скрещивается с другими видами, тем самым образуя гибриды. Самый распространённый гибрид считается *G. texana*, это смесь двух видов: *G. triacanthos* и *G. aquatica*. *Gleditsia* распространяется в основном семенами [2, 3, 4, 13]. Зрелые бобы можно собирать с земли только после того, как они падают. Семена *Gleditsia* обладают очень твердой, водонепроницаемой семенной оболочкой, состоящей из плотных наружных покровных тканей, которые ограничивают поступление к зародышу воды и воздуха и задерживают начало прорастания [1, 10, 11, 12]. Семена *Gleditsia* способны оставаться жизнеспособными в течение нескольких лет при хранении в сухом месте при температуре 1–4 °С. Для успешного прорастания семян необходимо нарушить их физиологический покой. Семена *Gleditsia* в основном заготавливают в третьей декаде октября или первой декаде ноября, а высаживают поздней весной [6, 7, 14, 15, 17].

Целью исследований является сравнительный анализ показателей качества семян следующих видов интродуцентов разного географического происхождения, произрастающих в условиях каштановых почв: гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos*), гледичия обыкновенная форма бесколючковая (*Gleditsia triacanthos*, f. *inermis*), гледичия каспийская (*Gleditsia caspica*), гледичия техасская (*Gleditsia texana*).

Материалы и методы исследования

Объектами являлись три вида и одна форма *Gleditsia*: *G. caspica*, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. triacanthos*, f. *inermis*, произрастающие в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН кадастр 34:34:000000:122; 34:34:060061:10 (рис.1)

Плоды были собраны в 3 декаде ноября. Бобы хранились при комнатной температуре (26/19 °С в течение 3 суток). Проводилась параметризация показателей и анализ результатов.

Динамику изменения цвета оболочки семян определяли визуально. Масса тысячи семян фиксировалась весовым способом в пятикратной повторности. Для измерения параметров семян и плодов, использовался штангенциркуль. Процент выхода семян определялся согласно требованиям нормативной технической документации по ГОСТ 20081 -74.



Рисунок 1 – Дендрологическая коллекция ФНЦ Агроэкологии РАН (питомник и дендрарий) на топографической карте

Поврежденность семян выявляли по соотношению здоровых семян и пораженных болезнями и вредителями. Качество семян по ГОСТ Р 51173-98, а стандарты посадочного материала по ГОСТ 26869-86, ГОСТ 3317-90.

Результаты и обсуждение

Район исследований характеризуется сухим, жарким летом, недостатком осадков, амплитудой температур до 80 °С. Температура самого холодного месяца достигает -37°С. Абсолютный максимум составляет в летнее время + 42 °С. Среднегодовая численность осадков составляет 240–400 мм. Свойственным проявлением для региона является засуха. Высокая и средняя интенсивность повторяемости засух доходит до 50 %. Природно-климатические условия района малоблагоприятны для озеленения и лесоразведения. Суховеи, несущие потоки горячего воздуха, оказывают губительное влияние на растения. В летний период времени возникают пыльные бури, наносящие вред зеленым

насаждениям и плодородию почвы. Поэтому в засушливых условиях требуется тщательный подход к подбору древесных видов.

Изучение особенностей цветения имеет большое значение для определения сроков созревания и сбора семян. Мужские цветки у *G. triacanthos* и *G. texana* собраны в кисти от 6 до 12 см длиной. Количество цветков в соцветии до 250. Чашечка из 4–5 чашелистиков, венчик из 4–5 лепестков. Длина лепестка 2–3 мм, ширина 1–2,5 мм, длина чашелистиков до 2,5 мм.

Женские цветки также собраны в соцветия - кисти, но более короткие, чем мужские, до 8–9 см длиной. В соцветии до 17–30 цветков. Длина цветоножек 2–2,5 мм. Длина чашелистика 3–4 мм, ширина 1–1,5 мм; длина лепестка 4–5 мм, ширина 2–2,5 мм. Тычинок в цветке 5–10. Тычиночные нити до 3 мм длиной, у основания опушены.

Женские цветки у *G. caspica* собраны в кисть длиной 10–15 см. В каждом соцветии 35–75 цветков. Чашелистики и лепестки длиной 3–4 мм. Ширина чашелистиков 1–1,5 мм, лепестков – 2–3 мм. Женские цветки несут 6–10 недоразвитых свободных тычинок. Тычиночные нити длиной 2,5–3 мм, опушены у основания. Завязь голая, на ножке, длиной 1–2 мм. Мужское соцветие также собрано в кисть 9–17 см; в каждом соцветии до 300 цветков. (табл. 1.).

Таблица 1. Строение генеративных органов у различных видов рода *Gleditsia*

Виды	<i>G. caspica</i>	<i>G. triacanthos</i>	<i>G. texana</i>
Женские цветки			
Кисть	10–15 см	8–9 см	6–10 см
Кол-во цветков в соцветии	35–75 шт	20–25 шт	17–30 шт
Чашелистики:			
Кол-во:	4–6 шт	4–5 шт	4 шт
Длина:	3–4 мм	3–4 мм	4 мм
Ширина:	1–1,5 мм	1–1,5 мм	2–2,5 мм
Завязь	голая, на ножке, длиной 1-2 мм	почти сидячая, по краям опушенная	опушенная по краю
Пестик	один, с сидячим грибовидным рыльцем	один, с грибовидным рыльцем	один, с сидячим рыльцем
Мужские цветы			
Кисть	9–17 см	до 10 см	10 –12 см
Количество цветков в соцветии	до 300 цветков	до 250 шт	до 105 шт
Чашелистики:			
Кол-во:	4–5 шт	4–5 шт	4 шт
Длина:	до 1,5	до 1 мм	2–2,5 мм
Ширина:	до 1,5 мм	0,5 – 1 мм	1–1,5 мм
Тычинки	5–10 шт, свободные тычиночные нити у основания опушенные	4–10 шт, на опушенных у основания нитях длиной до 3 мм. Длина и ширина пыльника, как и у всех видов, 1 мм	5–10 шт, тычиночные нити до 3 мм длины, у основания опушены

Длительность цветения *Gleditsia* зависит от географической зоны происхождения. Раньше всех зацветают представители северного ареала (*G. triacanthos* и *G. texana*), а позднее – южного (табл.2.).

Образцы семян являются типичными для рода *Gleditsia*. Наибольшее количество семян в 1 плоде было обнаружено у *Gleditsia triacanthos*. Среднее количество семян составляет 19 шт, максимальное количество семян данного вида – 24 шт.

Установлено, что масса семян *Gleditsia triacanthos* (100 шт) составляет 19,62 г, выход чистых семян – 37 % от массы плодов. Семена *Gleditsia texana* (100 шт) меньше по массе семян *Gleditsia caspica* (100 шт) в 1,15 раза. Также стоит отметить, что количество семян *G. triacanthos* и *G. caspica* почти одинаковое, однако частота встречаемости 2–3 семени выше у *G. triacanthos*, что и обуславливает высокий процент выхода чистых семян по сравнению с другим видом (табл. 3.)

Таблица 2. Данные исследования цветения *G. texana*, *G. caspica*, *G. triacanthos*

Цветение	Средние и крайние даты цветения (Число и месяц)		
	<i>G. texana.</i>	<i>G. caspica</i>	<i>G. triacanthos</i>
Начало	<u>5 VI</u> 20 V–12 VI	<u>9 VI</u> 26 V–16 VI	<u>28 V</u> 18 V–12 VI
Массовое	<u>12 VI</u> 30 V–12 VI	<u>19 VI</u> 24 V–18 VI	<u>30 V</u> 28 V–14 VI
Конец	<u>16 VI</u> 6 VI–26 VI	<u>19 VI</u> 11 VI–22 VI	<u>18 VI</u> 3 VI–18 VI

*- в числителе – средняя дата, в знаменателе – крайние.

Таблица 3. Морфологические признаки семян различных видов рода *Gleditsia* (а – *G. triacanthos*, б – *G. caspica*, в – *G. texana*, г – *G. triacanthos*, f. *inermis*)

Показатели	М. ср	Min–max
Количество семян, шт	19,35	15–26
Длина семян, см	0,97	0,7–1,3
Ширина семян, см	0,519	0,5– 0,7
Масса 100, г	19,62	19,06–20,73
Выход семян, %	37	29,7 – 43

а

Показатели	М. ср	Min–max
Количество семян, шт	18,50	13–22
Длина семян, см	0,9345	0,7–1,3
Ширина семян, см	0,5585	0,3–0,8
Масса 100, г	21,80	21,54–22,32
Выход семян, %	35,2	31–39

б

Показатели	М. ср	Min–max
Количество семян, шт	10,40	7-14
Длина семян, см	0,98	0,6- 1,3
Ширина семян, см	0,72	0,5- 0,9
Масса 100, г	18,64	18,64
Выход семян, %	26,40	10-37

в

Показатели	М. ср	Min–max
Количество семян, шт	17,50	12–24
Длина семян, см	0,73	0,6–1,1
Ширина семян, см	0,44	0,3–0,6
Масса 100, г	11,70	11,38–12,0

Выход семян, %	38,20	31–44
----------------	-------	-------

г

Показатели доброкачественности семян у *Gleditsia triacanthos* в условиях каштановых почв Волгоградской области находятся на достаточно высоком уровне (76,82 %) по сравнению с показателями семян у *Gleditsia texana* (в пределах 46,81 %) (табл. 4.).

Таблица 4. Оценка показателей плодоношения и качества семян различных видов рода *Gleditsia*

Вид	Плодоношение, Балл	Доброкачественность семян, %
<i>Gleditsia triacanthos</i>	$4,7 \pm 0,11$	$76,82 \pm 3,12$
<i>Gleditsia triacanthos</i> , f. <i>inermis</i>	$4,2 \pm 0,14$	$66,71 \pm 3,73$
<i>Gleditsia texana</i>	$2,4 \pm 0,18$	$46,81 \pm 3,84$
<i>Gleditsia caspica</i>	$3,9 \pm 0,17$	$36,24 \pm 4,09$

Семена у *Gleditsia triacanthos* удлиненные, эллиптические приплюснутые, коричневые, твердые, 10 мм длиной и 5 мм шириной, больше чем *Gleditsia triacanthos*, f. *inermis* в 1,5 раза. *Gleditsia caspica* имеет овальные семена 10 мм длиной и 6 мм шириной, а у *G. texana* форма семян округленная, длиной 9–10 мм и шириной 7–8 мм (рис. 2).

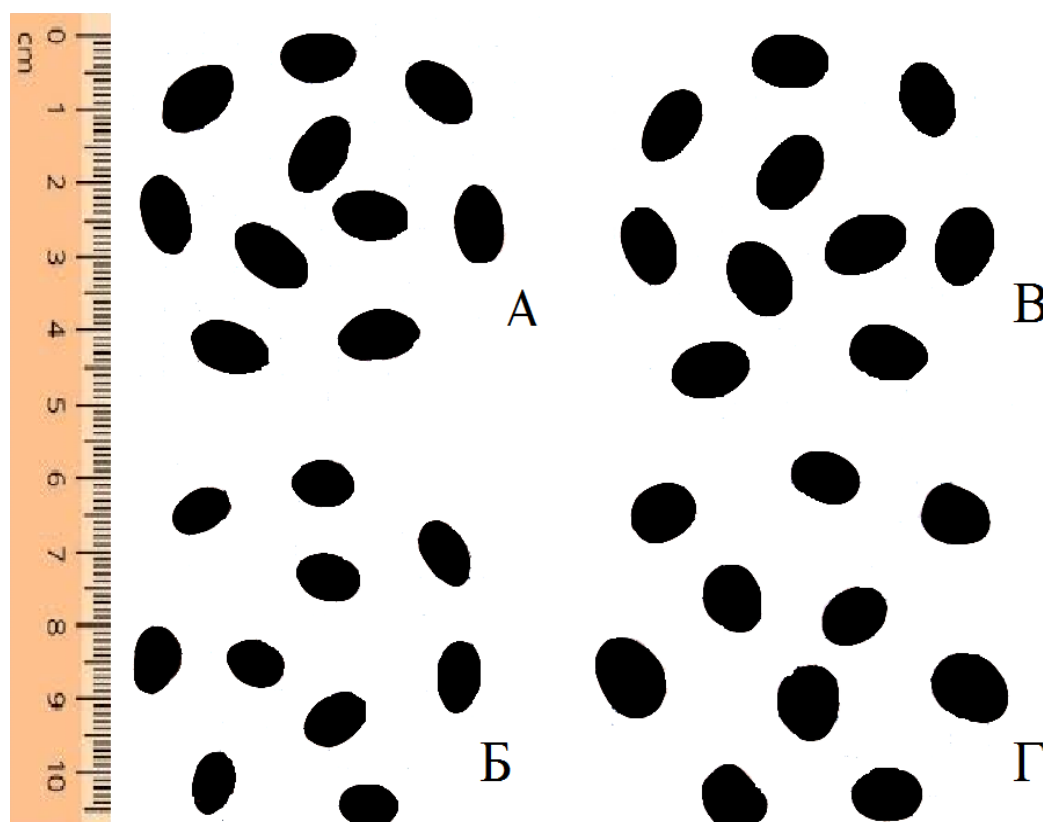


Рисунок 2. Семена таксонов рода *Gleditsia*. А – *Gleditsia triacanthos*, Б – *Gleditsia triacanthos*, f. *inermis*, В – *Gleditsia caspica*, Г – *Gleditsia texana*

Семена были собраны в третьей декаде ноября. Было обнаружено, что быстрее созревают семена *Gleditsia caspica*. Лето в Волгограде было засушливым, больше всего из-за этого пострадала *G. caspica*, у данного вида семена были больше повреждены, чем у других изучаемых представителей рода *Gleditsia* (рис. 3,4).

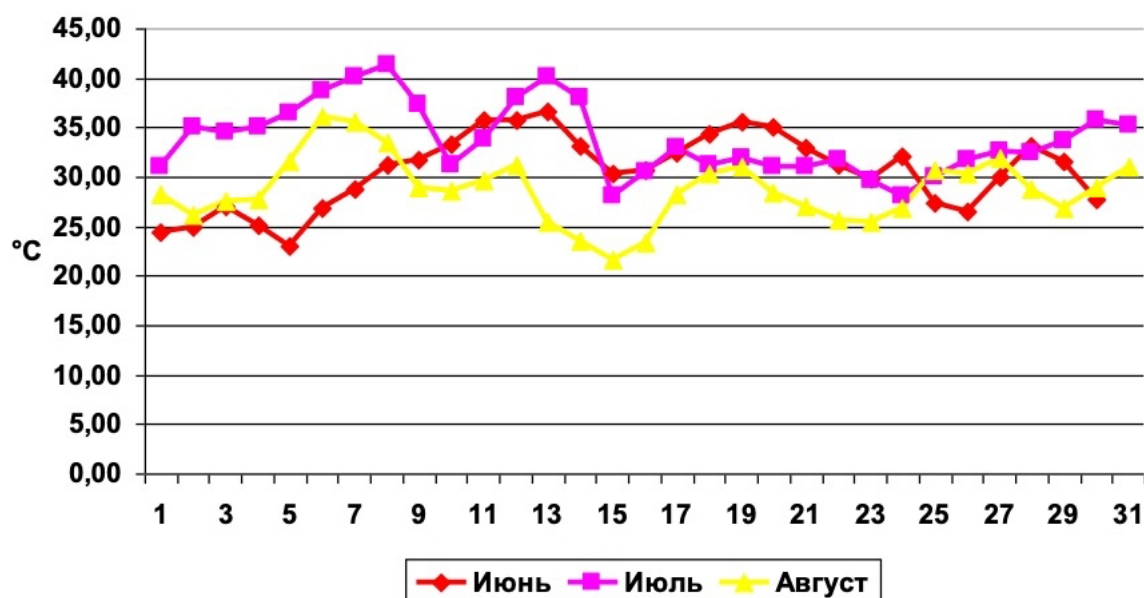


Рисунок 3. Максимальная температура за летний период времени в Волгоградской области



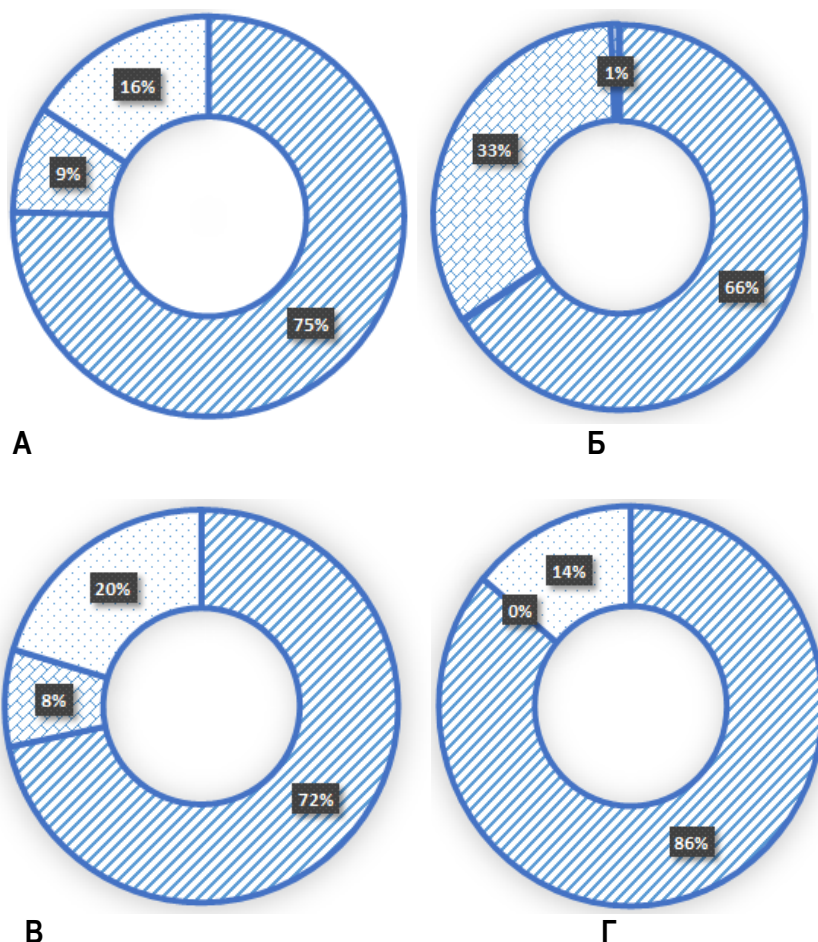
Рисунок 4. Поврежденные семена *Gleditsia caspica*
(засушливое лето, влажность воздуха до 25 %)

В период созревания семян различных видов рода *Gleditsia* наблюдались изменения размеров и цвета. Цвет семенной оболочки менялся пятнистыми переходами от темно-зеленого до темно-коричневого. Размер уменьшался на одну единицу каждые сутки, пока не обрел стандартный размер по литературным данным (рис.5).



Рисунок 5. Период созревания семян *G. texana* в лабораторных условиях

G. texana имеет наибольший процент семян, которые не были повреждены вредителями. Также не зафиксированы случаи повреждения семян болезнями. Это может свидетельствовать о том, что экземпляры данного вида более устойчивы к вредителям и болезням, чем остальные (рис. 6).



-  Семена, которые были в хорошем состоянии
-  Семена, которые были повреждены болезнями
-  Семена, которые были повреждены вредителями

Рисунок 6. Семена рода *Gleditsia*. А – *Gleditsia triacanthos*, Б – *Gleditsia triacanthos*, f. *inermis*, В – *Gleditsia caspica*, Г – *Gleditsia texana*

При ошпаривании семян рода *Gleditsia* равномернее всего набухали семена рода *G. caspica*. Больше количество набухших семян у *Gleditsia triacanthos*. *Gleditsia triacanthos*, f. *inermis* имеет приблизительно такие же результаты как, *G. triacanthos*. *Gleditsia texana* имеет прочную твердую оболочку, только после третьего ошпаривания началось их набухание (табл. 5).

Таблица 5. Ошпаривание семян *Gleditsia* при температуре 80°C

Вариант	1	2	3	4	5
<i>Gleditsia triacanthos</i>	2, 33 %	2,67 %	0,33 %	21,67 %	28,33 %
<i>Gleditsia triacanthos</i> , f. <i>inermis</i> ,	2,2 %	2,45 %	0,38 %	20,9 %	25,94 %
<i>Gleditsia caspica</i>	2,67 %	1 %	1 %	2,33 %	10,67 %
<i>Gleditsia texana</i>	0%	0%	2 %	6 %	8 %

1. – процент набухших семян за один раз ошпаривания
2. – процент набухших семян за два раза ошпаривания
3. – процент набухших семян за третий раз ошпаривания
4. – процент набухших семян за четвертый раз ошпаривания
- 5 – общее количество набухших семян

Набухание, активизация и стимуляция прорастания семян составляла 42 часа. Рост зародышевого корешка начинается через 36 часов. После посева обработанные семена трогаются в рост через 3 – 4 дня. Сначала очень быстро растет зародышевый корешок. Для открытия семядоли требуется примерно два дня. Первые настоящие листочки появляются через пять – шесть дней (табл. 6).

Таблица 6. Краткая характеристика фаз (подфаз) органогенеза семян *Gleditsia*

Фаза и подфазы	Индикатор начала фазы	Продолжительность фазы	Характеристика фазы	Фотофиксация
Набухание семян	Подготовка закладки семян на определенную глубину	6 часов	Интенсивное поглощение влаги семенами	
Активизация	семена достигли влажности прорастания 30–35%	12 часов	Скорость поглощения влаги снижается, устанавливается равновесие содержания воды в семенах	
Стимуляция прорастания семян	Посев семян в почву	24 часа	Происходит деформация тканей клеток, семенной покров растягивается	
Рост зародышевого корешка	Наклеивание семян	36 часов	Рост зародышевого корешка	

Формирование проростка	Длина зародышевого корешка длиннее семени	72 часа	Рост корня и гипокотили, вынесенные семядоли на поверхность	
Ускорение проростка	Размножение семядолей	168 часов	Формируется почка зачаточного побега	
Формирование всходов	Размножение почки побега	216 часов	Распускание первых листьев	

Всхожесть семян *G. triacanthos* доходила до 66 %. *G. texana* показала более низкую всхожесть (ниже на 15 %). Меньше всего всходов было обнаружено у *G. caspica*. Дата появления всходов почти не отличалась (табл. 7)

Таблица 7. Всхожесть семян *Gleditsia*

Вид гибрид	Дата появления всходов		Всхожесть, %
	единичных	массовых	
<i>G. caspica</i>	30.V	3.VI	28
<i>G. texana</i>	29.V	1.VI	50
<i>G. triacanthos</i>	29.V	3.VI	66
<i>G. triacanthos</i> , f. <i>inermis</i>	29.V	3.VI	63

Наибольшая длина гипокотили у *G. triacanthos* во время прорастания семян. Интенсивнее всех развиваются семена *G. texana*. Во время формирования всходов *G. triacanthos* и *G. texana* изменения незначительны, это можно объяснить тем, что морфологически и генетически они близки (рис 7.)

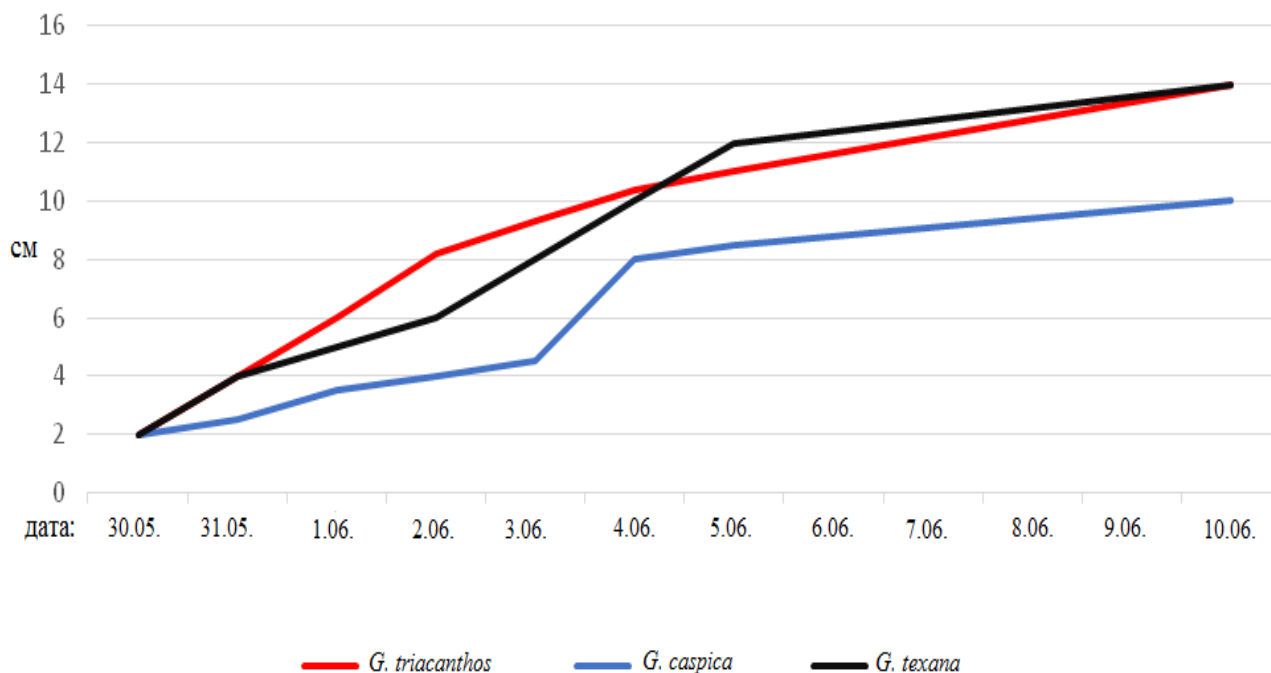


Рисунок 7. Прорастание семян различных видов рода *Gleditsia* по длине гипокотилия

Заключение

Исследование экологии цветения и плодоношения имеет большое значения для определения сроков созревания и сбора семян. Длительность цветения *Gleditsia* зависит от географической зоны происхождения. Раньше всех зацветают представители северного ареала (*G. triacanthos* и *G. texana*), а позднее – южного (*Gleditsia caspica*).

Семена *Gleditsia* длительное время сохраняют всхожесть благодаря своей твердой оболочке, поэтому они могут входить в обменный фонд с гарантийными сроками хранения от 1 до 7 лет. Всхожесть семян *Gleditsia* зависит от условий их естественного местообитания. В засушливых условиях Волгоградской области хорошей всхожестью отличаются семена *G. triacanthos*.

Из-за высокой температуры и дефицита воды семена *G. caspica* были повреждены вредителями и болезнями.

Показатели доброкачественности семян *Gleditsia triacanthos* в условиях каштановых почв Волгоградской области на достаточно высоком уровне (76,82 %) по сравнению с показателями семян *Gleditsia texana* (в пределах 46,81 %).

Gleditsia обладает высоким потенциалом и имеет высокую урожайность и всхожесть семян. Всхожесть зависит от размеров семян. Чем больше размеры семян, тем выше всхожесть у представителей рода *Gleditsia*.

Динамично прорастают семена североамериканских видов рода *Gleditsia*. Более теплые и сухие условия благополучно влияют на развитие семян *Gleditsia*.

Список литературы

1. Булгакова Е.В., Нефедьева Е.Э. Причины твердосемянности и способы ее преодоления на примере семян гледичии трехколючковой (*Gleditsia Triacanthos*) // В сборнике: Conference Proceedings. 2017. С. 17-22. DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-159-162
2. Загалаев М.А., Алихаджиев М.Х. Морфометрические особенности и структура изменчивости листьев и плодов *Gleditsia Triacanthos* L. в условиях ботанического сада чеченского государственного университета // Чеченский государственный университет; ответственный редактор: М.Р. Нахаев. 2018. С. 150-155.

3. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Эколого-морфологические и биомеханические особенности *Gleditsia triacanthos* в условиях антропогенного загрязнения города Донецка // Вестник ВГУ. Серия: химия, биология, фармация. 2018; 2:143-151.
4. Кулыгин А.А. Влияние температурных условий на созревание семян гледичии обыкновенной и софоры японской // Лесоведение. 1984. № 1. С. 73-76.
5. Мельник К. А. Перспективы повышения биоразнообразия древесных растений *Caesalpinziaceae* в агро- и урболандшафтах Волгоградской области // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: материалы Национ. науч. конф. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. С. 344-347.
6. Погода и климат <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения: 17.01.2020)
7. Семенютина А.В. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны. М.: Россельхозакадемия, 2010. 56 с.
8. Семенютина А.В., Климов А.Д. Анализ биоресурсов генофонда *Robinia*, *Gleditsia* для лесомелиоративных комплексов на основе изучения адаптации к стресс-факторам // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т. 8. № 2. С. 33-45. DOI: 10.25726/NM.2018.2.2.004
9. Семенютина А.В., Лазарев С.Е., Мельник К.А. Оценка репродуктивной способности представителей родовых комплексов и особенности их селекционного семеноведения в сухостепных условиях // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2019. Т. 9. № 1. С. 1-23. DOI: 10.25726/NM.2019.66.65.001
10. Agostina Lorca, E., Ferreras, A.E., Funes, G. Seed size and seedling ontogenetic stage as modulators of damage tolerance after simulated herbivory in a woody exotic species Australian Journal of Botany Volume 67, Issue 2, 2019, Pages 159-164 DOI:10.1071/BT18093
11. Camarero, J.J., Rubio-Cuadrado, A. Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species: A new approach to quantify climate-growth relationships Volume 11, Issue 12, 2020, Pages 1-22 DOI:10.3390/f11121250
12. Kazem Nourmohammadi, Davoud Kartoolinejad, Reza Naghdi3, Carol C. Baskin Effects of dormancy-breaking methods on germination of the water impermeable seeds of *Gleditsia caspica* (Fabaceae) and seedling growth // Folia Oecologica – vol. 46, no. 2 (2019), doi: 10.2478/foecol-2019-0014
13. Peter Csontos, Tibor Kalapos, Tito Faradhimu, Annamaria Laborez, Tamas Hardi, Julia Tamas Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas // Biologia Futura (2020) 71:81–91 <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00020-w>
14. Salima Kebbas, Torkia benseddik, Hakima Makhoul, Fatiha Aid Physiological and Biochemical Behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. Young Seedlings Under Drought Stress Conditions. Not Bot Horti Agrobo, 2018, 46(2):585-592. DOI:10.15835/nbha46211064
15. Sergio J. Ceballos, Yohana G. Jimenez, Romina D. Fernandez. Estructura de los bosques de *Gleditsia triacanthos* en función de la edad (valle de La Sala, Tucumán, Argentina) // Ecologia Austral 30:251-259 Agosto 2020 Asociacion Argentina de Ecologi <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.2.0.1083>
16. Sosa, B., Caballero, N., Carvajales, A., Mello, A.L., Achkar, M. Control of *gleditsia triacanthos* in the national park esteros of farrapos and uruguay river islands [Control de *gleditsia triacanthos* en el parque nacional esteros de farrapos e islas del río Uruguay] Ecologia Austral Volume 25, Issue 3, 2015, Pages 250-254 DOI: 10.25260/EA.15.25.3.0.183
17. Tognetti, P.M., Mazia, N., Ibáñez, G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes Annals of Botany Volume 124, Issue 2, 2019, Pages 307-318 DOI:10.1093/aob/mcz077

Generative and reproductive qualities in taxa of the genus *Gleditsia* in arid conditions

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Kristina A. Melnik

Postgraduate student, junior researcher of the laboratory of bioecology of woody plants

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

melnik-k@vfanc.ru

 0000-0002-7345-2751

Received 25.09.2020

Accepted 14.12.2020

Published 15.03.2021

 10.25726/r1830-4544-9621-o

Abstract

Representatives of the genus *Gleditsia* are valuable trees for landscaping settlements. In areas with saline soils (South-east of the European part) they are characterized by a high degree of drought resistance and are tolerant to the conditions of saline soils. They are decorative in alleys, single plantings and small groups. The main source material for their reproduction is seeds. The question of studying the ecology of flowering is of great importance for determining the setting of seeds. The purpose of this work is a comparative analysis of the quality indicators of seeds of the following species of introduced plants of different geographical origin growing in chestnut soils: *Gleditsia vulgaris* (*Gleditsia triacanthos*), *Gleditsia vulgaris* (*Gleditsia triacanthos*, f. *inermis*), *Gleditsia Caspian* (*Gleditsia caspica*), *Gleditsia texana* (*Gleditsia texana*). They grow in the dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences cadastre 34:34:000000:122; 34:34:060061:10, Volgograd region. The research area is characterized by dry, hot summers, a lack of precipitation, and a temperature range of up to 80°C. The temperature of the coldest month reaches -37 °C, and in the summer the air warmed up only to zero. The absolute maximum is + 42 °C in summer. The average annual precipitation is 240-400 mm. A typical occurrence for an arid region is drought. The high and average frequency of droughts is up to 50 %. The natural and climatic conditions of the area are not favorable for landscaping and afforestation. Dry winds, which carry hot air streams, have a disastrous effect on plants. In the summer, dust storms occur, causing damage to green spaces and soil fertility. Therefore, in arid conditions, a careful approach to the selection of woody species is required. The duration of flowering of *Gleditsia* has been established, which depends on the geographical area of origin. Representatives of the northern range (*G. triacanthos* and *G. texana*) bloom first, and later – the southern (*Gleditsia caspica*). Morphometric analysis (seed color, weight, length, width of seeds) was performed. The percentage of sprouted healthy and pest-infested (*Megabruchidius dorsalis*) seeds; germination in relation to the characteristics of the seeds. The indicators of seed quality in *Gleditsia triacanthos* in the conditions of

chestnut soils of the Volgograd region are at a fairly high level (76.82 %) compared to the indicators of seeds in *Gleditsia texana*, where the indicators of quality are within 46.81 %. It was revealed that during the period of seed maturation in various species of the genus *Gleditsia*, changes in their size and color were observed. The seeds of *Gleditsia triacanthos* are elongated, elliptical, flattened, brown, and hard. The color of the seed coat varied in mottled transitions from dark green to dark cinnamon. The size decreased by one unit every day until it reached 10 mm in length and 5 mm in width, which is 1.5 times larger than *Gleditsia triacanthos*, f.inermis. *Gleditsia caspica* has oval seeds 10 mm long and 6 mm wide, and *G. texana* seed form rounded 9-10 mm long and 7-8 mm wide in plants growing in arid conditions of chestnut soils. *Gleditsia* seeds retain germination for a long time due to their hard shell, so they can be included in the exchange fund with a guaranteed shelf life of 1 to 7 years. The germination of *Gleditsia* seeds depends on the conditions of their natural habitat. The seeds of *G. triacanthos* are characterized by good germination. In dry years (due to high temperatures and water scarcity), the seeds of *G. caspica* were found to be damaged by pests and diseases. Seeds of North American species of the genus *Gleditsia* germinate dynamically. Warmer and drier conditions have a positive effect on the development of *Gleditsia* seeds.

Keywords

Gleditsia taxa, flowering, generative and reproductive qualities, good quality seeds, biodiversity, economically valuable trees, stress factors, gene pool, adaptation

The research was carried out within the framework of the state assignment (state registration number 121041200197-8), financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Bulgakova E.V., Nefed'eva E.Je. Prichiny tverdosemjannosti i sposoby ee preodolenija na primere semjan gledichii trehkoljuchkovoj (*Gleditsia Triacanthos*) // V sbornike: Conference Proceedings. 2017. S. 17-22. DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-159-162
2. Zagalaev M.A., Alihadzhiev M.H. Morfometricheskie osobennosti i struktura izmenchivosti list'ev i plodov *Gleditsia Triacanthos* L. v uslovijah botanicheskogo sada chechenskogo gosudarstvennogo universiteta // Chechenskij gosudarstvennyj universitet; jtvstvennyj redaktor: M.R. Nahaev. 2018. S. 150-155.
3. Kornienko V.O., Kalaev V.N. Jekologo-morfologicheskie i biomehanicheskie osobennosti *Gleditsia triacanthos* v uslovijah antropogennogo zagrjaznenija goroda Donecka // Vestnik VGU. Serija: himija, biologija, farmacija. 2018; 2:143-151.
4. Kulygin A.A. Vlijanie temperaturnyh uslovij na sozrevanie semjan gledichii obyknovennoj i sofory japonskoj // Lesovedenie. 1984. № 1. S. 73-76.
5. Mel'nik K. A. Perspektivy povyshenija bioraznoobrazija drevesnyh rastenij Caesalpiniaceae v agro- i urbolandshaftah Volgogradskoj oblasti // Lesnaja melioracija i jekologo-gidrologicheskie problemy Donskogo vodosbornogo bassejna: materialy Nacion. nauch. konf. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2020. C. 344-347.
6. Pogoda i klimat <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (data obrashhenija: 17.01.2020)
7. Semenjutina A.V. Metodicheskie ukazaniya po semenovedeniju drevesnyh introducentov v uslovijah zasushlivoj zony. M.: Rossel'hoz akademija, 2010. 56 s.
8. Semenjutina A.V., Klimov A.D. Analiz bioresursov genofonda Robinia, *Gleditsia* dlja lesomeliorativnyh kompleksov na osnove izuchenija adaptacii k stress-faktoram // Nauka. Mysl': jelektronnyj periodicheskij zhurnal. 2018. T. 8. № 2. S. 33-45. DOI: 10.25726/NM.2018.2.2.004
9. Semenjutina A.V., Lazarev S.E., Mel'nik K.A. Ocenka reproduktivnoj sposobnosti predstavitelej rodovyh kompleksov i osobennosti ih selekcionnogo semenovedenija v suhostepnyh uslovijah // Nauka. Mysl': jelektronnyj periodicheskij zhurnal. 2019. T. 9. № 1. S. 1-23. DOI: 10.25726/NM.2019.66.65.001

10. Agostina Lorca, E., Ferreras, A.E., Funes, G. Seed size and seedling ontogenetic stage as modulators of damage tolerance after simulated herbivory in a woody exotic species Australian Journal of Botany Volume 67, Issue 2, 2019, Pages 159-164 DOI:10.1071/BT18093
11. Camarero, J.J., Rubio-Cuadrado, A. Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species: A new approach to quantify climate-growth relationships Volume 11, Issue 12, 2020, Pages 1-22 DOI:10.3390/f11121250
12. Kazem Nourmohammadi, Davoud Kartoolinejad, Reza Naghdi³, Carol C. Baskin Effects of dormancy-breaking methods on germination of the water impermeable seeds of *Gleditsia caspica* (Fabaceae) and seedling growth // Folia Oecologica – vol. 46, no. 2 (2019), doi: 10.2478/foecol-2019-0014
13. Peter Csontos , Tibor Kalapos, Tito Faradhimu, Annamaria Laborez, Tamas Hardi, Julia Tamas Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas // Biologia Futura (2020) 71:81–91 <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00020-w>
14. Salima Kebbas, Torkia benseddik, Hakima Makhoulouf , Fatiha Aid Physiological and Biochemical Behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. Young Seedlings Under Drought Stress Conditions. Not Bot Horti Agrobo, 2018, 46(2):585-592. DOI:10.15835/nbha46211064
15. Sergio J. Ceballos, Yohana G. Jimenez, Romina D. Fernandez. Estructura de los bosques de *Gleditsia triacanthos* en función de la edad (valle de La Sala, Tucumán, Argentina) // Ecologia Austral 30:251-259 Agosto 2020 Asociacion Argentina de Ecologi <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.2.0.1083>
16. Sosa, B., Caballero, N., Carvajales, A., Mello, A.L., Achkar, M. Control of *gleditsia triacanthos* in the national park esteros of farrapos and uruguay river islands [Control de *gleditsia triacanthos* en el parque nacional esteros de farrapos e islas del río Uruguay] Ecologia Austral Volume 25, Issue 3, 2015, Pages 250-254 DOI: 10.25260/EA.15.25.3.0.183
17. Tognetti, P.M., Mazia, N., Ibáñez, G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes Annals of Botany Volume 124, Issue 2, 2019, Pages 307-318 DOI:10.1093/aob/mcz077