

World Ecology Journal





World Ecology Journal

Наука.Мысль: электронный периодический журнал

Volume 10
Issue 2

worldecologyjournal.org
Founder: Dr. Michael M. Podkolzin

Assigned in press 15.06.2020

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

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

Editorial Team

Editor-in-chief

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

Reviewer Board

Valeriy I. Panov, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, PanovV11939@yandex.ru

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

Dmitriy A. Mashtakov, Dr. Sc., PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, Imsus1920@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

Alexander I. Belyaev, Boris V. Repnikov, Alexandra V. Semenyutina, Andrei V. Solonkin, Aliya Sh. Khuzhakhmetova Scientific substantiation of formation of a selection-seed-breeding center for wood and agricultural plants	3-17
Darya V. Sapronova, Augusta A. Dolgih, Maxim V. Tsoi, Vasily V. Sapronov Specifics of propagation of coniferous plants in nurseries of the federal research center of agroecology of the russian academy of sciences	18-55
Alexandra V. Semenyutina, Sergey N. Kryuchkov, Aliya Sh. Khuzhakhmetova Selection potential of tree populations for forest reclamation complexes	56-74
Alexandra V. Semenyutina, Darya V. Sapronova, Aliya Sh. Khuzhakhmetova Adapting the seasonal rhythms of development on the example of dendrological collection of the federal scientific center of agroecology of the russian academy of sciences	75-87
Aliya Sh. Khuzhakhmetova, Sergei E. Lazarev, Victoria A. Semenyutina Ecological and biological assessment of climbing shrubs for landscaping residential areas	88-109

Содержание

Александр Иванович Беляев, Борис Владимирович Репников, Александра Викторовна Семенютина, Андрей Валерьевич Солонкин, Алия Шамильевна Хужахметова Научное обоснование создания селекционно-семеноводческого центра древесных и сельскохозяйственных растений	3-17
Дарья Владимировна Сапронова, Августа Андреевна Долгих, Максим Вячеславович Цой, Василий Васильевич Сапронов Специфика размножения хвойных растений в питомниках ФНЦ агроэкологии РАН	18-55
Александра Викторовна Семенютина, Сергей Николаевич Крючков, Алия Шамильевна Хужахметова Селекционный потенциал древесных популяций для лесомелиоративных комплексов	56-74
Александра Викторовна Семенютина, Дарья Владимировна Сапронова, Алия Шамильевна Хужахметова Адаптация сезонных ритмов развития на примере дендрокolleкций ФНЦ агроэкологии РАН	75-87
Алия Шамильевна Хужахметова, Сергей Евгеньевич Лазарев, Виктория Алексеевна Семенютина Эколого-биологическая оценка вьющихся кустарников для вертикального озеленения территорий	88-109

Научное обоснование создания селекционно-семеноводческого центра древесных и сельскохозяйственных растений



Александр Иванович Беляев
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
director@vfanc.ru
0000-0001-9721-8003



Борис Владимирович Репников
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
repnikovb@vfanc.ru
0000-0002-5400-4846



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



Андрей Валерьевич Солонкин
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
solonkin-a@vfanc.ru
0000-0002-1576-7824



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



Аннотация

Федеральный научный центр агроэкологии Российской академии наук имеет значительный опыт создания и внедрения результатов научной работы, направленной на достижение высоких и устойчивых показателей в лесном и агропромышленном комплексе. Для создания селекционно-семеноводческого центра имеются обширные дендрологические коллекции, маточники, ценные декоративные плантации деревьев и кустарников (Самарская, Волгоградская, Орловская, Астраханская области, Алтайский и Ставропольский край), питомники и тепличные комплексы (Нижеволжская станция по селекции древесных пород).

В регионе созданы интродукционные ресурсы, семенные плантации, производственные питомники биоразнообразия деревьев и кустарников (340 га лесных посевных плантаций, архивы клонов, более 150 га лесных плантаций). Создана обширная коллекция полевых культур (2500 гибридов и сортов озимой и яровой пшеницы, ярового ячменя, семян проса, сорго, технических культур, деревьев, кустарников, многолетних плодовых культур), теоретическая база и практические разработки.

Миссия селекционно-семенного центра - ускорить создание и внедрение в серийное производство адаптированных инновационных сортов и гибридов сельскохозяйственных и лесных культур, отвечающих самым современным требованиям агроэкологических нормативов для производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова

научное обоснование, обогащение дендрофлоры, селекционно-семеноводческий центр, деревья, кустарники, сельскохозяйственные растения, выращивание посадочного материала, реконструкция

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

Scientific substantiation of formation of a selection-seed-breeding center for wood and agricultural plants



Alexander I. Belyaev

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

director@vfanc.ru

0000-0001-9721-8003



Boris V. Repnikov

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

repnikovb@vfanc.ru

0000-0002-5400-4846



Alexandra V. Semenyutina

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

0000-0003-3250-6877



Andrei V. Solonkin

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

solonkin-a@vfanc.ru

0000-0002-1576-7824



Aliya Sh. Khuzhakhmetova

Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

aliyasham@mail.ru

0000-0001-5127-8844

Received
12.01.2020

Accepted
4.04.2020

Published
15.06.2020



[10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.1](https://doi.org/10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.1)

Abstract

The Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (formerly the all-Russian Institute of Agroforestry Research) is one of the few scientific institutions in Russia that solves the problems of protecting soils from degradation and desertification and increasing their fertility by using the protective properties of adapted wood, shrub and herbaceous vegetation.

Continuous use in research and obtaining ecological, economic and social benefits from the bioresources of economically valuable trees and shrubs of their own selection are key elements for developing a methodology for the innovative development of modern green technologies, including nursery production in the arid region of Russia. The Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences has considerable experience in creating and implementing the results of scientific work aimed at achieving high and sustainable indicators in the forest and agro-industrial complex.

It is shown that the creation of selection and seed center has sufficient space dendrological collections, mother cells, of commercially valuable ornamental plantations, agroforestry, fruit, pasture trees, shrubs (Samara, Volgograd, Oryol, Astrakhan regions, Altai, Stavropol Krai), nursery and greenhouse complex (Nizhnevolzhsky station on selection of tree species), and more than 60 thousand hectares of land.

Over the years, many years of ecological and experimental monitoring have been conducted on the introduction, selection, protection of plants from pests and diseases, varietal, seed and nursery production of economically important tree species in arid conditions. It is established that the unique capabilities of adaptive selection of a range of commercially valuable trees and shrubs (660 species, forms, hybrids and varieties) to meet changing conditions and requirements provide a collection funds of woody plants FSC of Agroecology Russian Academy of Sciences and its branches (West-Siberian agroforestry station, Povolzhsky agroforestry station, Nizhnevolzhsky station on selection of tree species, etc.). The region has established introduction resources, seed plantations of tree and shrub biodiversity (340 ha of forest-seed plantations, more than 150 ha of forest plantations). Complex resistant varieties were obtained, a valuable breeding gene pool was identified, and production nurseries were organized in the experimental network of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Nizhnevolzhskaya station for selection of tree species) for rationalization of nature management, fight against drought and desertification in low-forest areas.

A strategy for breeding stone crops has been developed to accelerate the creation of a new source material and varieties for cultivation using modern intensive technologies that ensure stable productivity with high fruit quality in the Lower Volga region. An extensive collection of field crops, theoretical base and practical developments has been accumulated. Including annually replenished collections of more than 2500 hybrids and varieties of winter and spring wheat, spring barley, seed millet, sorghum crops, trees, shrubs, perennial fruit crops, as well as a database of traits for more than 5000 samples of complex resistant to stress factors.

The mission of the breeding and seed center is to accelerate the creation and introduction into mass production of adapted innovative varieties and hybrids of agricultural and forest crops that meet the most modern requirements of agroecological regulations for the production and processing of agricultural products. This will ensure the development of both the internal food security of the region and the Russian Federation as a whole, and increase the export potential. The key regions of the Russian Federation for the development of the Program are the following: Volgograd, Saratov, Orenburg, Samara, Oryol, Kursk, Astrakhan regions, Altai, Stavropol territory, Republic Kalmykia.

Keywords

scientific justification, dendroflora enrichment, center for breeding and seed production, trees, shrubs, agricultural plants, cultivation of planting material, reconstruction

The research was carried out within the framework of state task N0713-2019-0004 "To Develop scientific bases and methods for preserving the biodiversity of tree species in order to select an adapted gene pool of economically valuable plants for the formation of protective forest stands for various purposes in the steppe and semi-desert" (state registration №AAAA-A16-116032950058-8) financing of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation

Introduction

The enrichment of protective forest stands in arid areas with a new adapted gene pool solves a complex of biological, environmental and technological problems aimed at preserving, restoring, continuous use of components of biological diversity, increasing the resource potential and creating optimal conditions for the population to live in. These goals are achieved by expanding biological and genetic diversity in time and space; creating a multi-tiered structure; alternating complexes (forest belt, field, reservoir, meadow, etc.); differentiated selection of economically important trees and shrubs (Dolgih, 2018; Larionov, 2018).

Aging, lack of forest management, damage by unauthorized logging, fires, transfer of arable land to fallow areas have led to the fact that the sanitary condition of dendrological collections, mother trees, and seed plantations for the purpose of restoration and reproduction of protective forest stands is everywhere neglected, the viability of plantations is weakened, and in the South-Eastern regions, their mass extinction occurs (Chindyaeva, 2018; Kostin, 2019; Kruzhilin, 2018).

The main means of forest reclamation is economically valuable trees and shrubs. They are used in plantings of various forms (linear, single-row and multi-row, Curtain and massive), which are specially placed on agricultural territories and form an agroforestry landscape with its inherent properties (environmental friendliness, economy, adaptability and durability, as well as high social functions) (Semenyutina, 2018; Melikhov, 2017).

Increasing processes of erosion, deflation, frequent manifestations of droughts, pollution and decline in soil fertility, changes in their water and heat regime together cause the processes of land degradation and desertification. This reduces the economic attractiveness of cultivating old varieties and hybrids.

One of the strategic directions is the allocation of a valuable gene pool, the creation of a permanent forest seed base, and the cultivation of plantings from selectively improved material. In total, in the Russian Federation as a whole, it is necessary to have about 7 million hectares of protective forest stands of all types (protective, anti-erosion, sand, arid pastures). In addition to the existing plantings, it is necessary to create more than 4 million hectares. It was planned to create 118 thousand hectares (for comparison, in China 1,4 million hectares, the United States 250 thousand, Canada 300 thousand / ha per year).

The motivation for selection works when enriching the dendroflora of forest-reclamation complexes on agricultural lands (all the required types of plantings protective, anti-erosion, arid pastures, on the banks of small rivers and reservoirs, etc.) is the implementation of international, state and regional programs for the conservation of the natural environment, protective afforestation, rural development, etc. (Kebbas, 2018).

In the field of introduction, special attention is paid to the study of the biological potential and selection of the most promising species, hybrids and forms of trees and shrubs with multifunctional characteristics and the creation of artificial landscapes of the arid zone using the biodiversity of woody plants (Vinogradova, 2013; Akatov, 2016; Vilcinskas, 2016; Yan, 2017; Volk, 2018).

In the field of seed production, it is planned to organize its own permanent forest seed base outside the range of the main tree species, instead of the currently practiced use of non-district seeds. Methods for creating a permanent forest seed base in the arid zone are the selection of populations and bio types based on a set of characteristics, the main of which are their drought, frost, and salt tolerance. The research base is based on previously created dendrological collections, forest-seed objects of the second genetic level.

Selection of a diverse range of trees and shrubs to create ecologically balanced plantings with a multifunctional effect: aesthetic, recreational, soil protection, soil-improving, etc., aims to improve the natural environment and increase the productivity of agricultural lands by cultivating economically valuable trees and shrubs-reclamation, decorative, fruit and berry, grain, fodder, honey, etc.

In the dry steppe and semi-desert, trees are unstable and short-lived, and shrubs play a special role here, although they were previously undeservedly forgotten. Protective forest stands with the participation of various shrubs significantly enrich the animal world, increase productivity, and have a great environmental and environmental role.

As for agricultural crops, at present, there is a steady increase in the demand of agricultural producers in key regions for quality seeds of innovative varieties and hybrids that provide high quality products in various soil and climatic conditions. The Lower Volga region zone is experiencing a significant shortage of its own varieties and hybrids of food and industrial crops for intensive and organic farming, so the share of imported varieties and hybrids in the crops of these crops reaches 70-90 %.

The process of creation, propagation and introduction of varieties (hybrids) of most agricultural crops by traditional selection methods takes 15-35 years, which does not provide the necessary speed for creating plants with a stable set of specified characteristics. Due to significant wear and tear of the instrument and technical base, breeding institutions do not have time to create varieties for the changed conditions, to prepare large enough batches of high-quality seeds for the domestic market. Complex physiological and genetic studies that contribute to the acceleration of the selection process for the conditions of the Volga region are not carried out due to the lack of scientific personnel and equipment.

Materials and research methods

The Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences has been engaged in breeding research since 1931. At different times worked such outstanding scientists as: A. Albinski, K. G. Shulmeister, N. T. Vekhov, P. I. Chernyavsky, and others. Scientific schools of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences have been formed, whose activities are related to priority research areas. Based on the research results, a number of scientific articles and monographs have been published (Semenyutina, 2014; Dolgih, 2018; Semenyutina, 2019). There is a scientific reserve and international cooperation in topical areas (Germany, Great Britain, India, Canada, etc.).

The establishment of seed selection and production center is planned in the form of structural units consisting of an aggregate of structural units of the organization lower order (departments, laboratories) engaged in breeding, genetics, biotechnology, cytogenetic, agricultural technology and related research and engaged in primary seed production and nursery plant forms its own selection, introduction and organization of forest seed breeding based on breeding, on a specially created forest seed bases (figure 1).

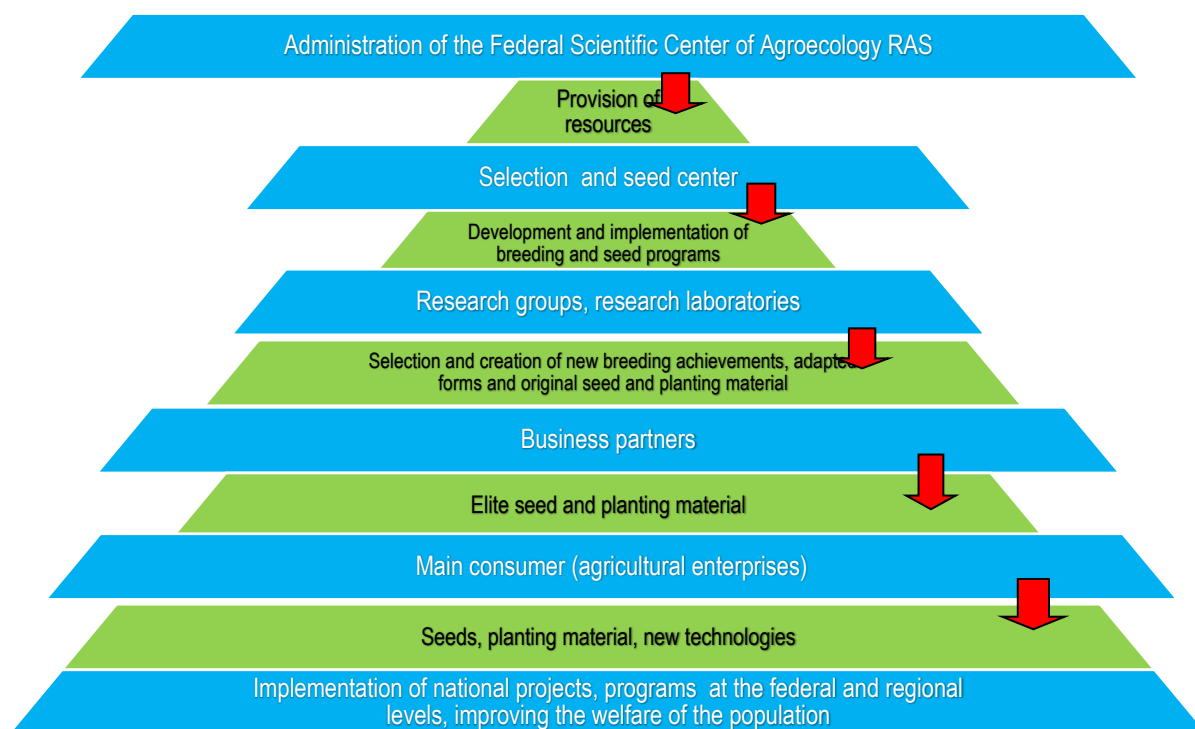


Figure 1. Creating a new coordination and management system

To create a breeding and seed center, the organization has sufficient premises and a nursery and greenhouse complex that requires modernization, as well as sufficient land resources, its own dendrological collections, mother farms, seed plots, and nurseries that require reconstruction (figure 2).

The creation of the seed breeding center is aimed at the comprehensive development of research and development in the field of traditional and genomic selection, molecular genetics, and cytogenetics of agricultural crops. Effective use of the plant cell genome will allow you to create source material, varieties and hybrids of plants with the specified useful properties. This will significantly accelerate the transfer of technologies between Cytology, genetics, breeding and agriculture, and ultimately ensure a rapid transition of scientific innovations to the stage of practical application.

The organization maintains annually updated genetic collections of more than 2000 samples of field crops, about 660 taxa of adapted, economically valuable trees and shrubs. The use of molecular genetic analysis methods will allow introducing varieties and hybrids with specific characteristics (genes of disease resistance, drought resistance, winter hardiness, marker genes for hybrid breeding, etc.) into production. Biotechnology Methods will reduce the period of creating varieties.

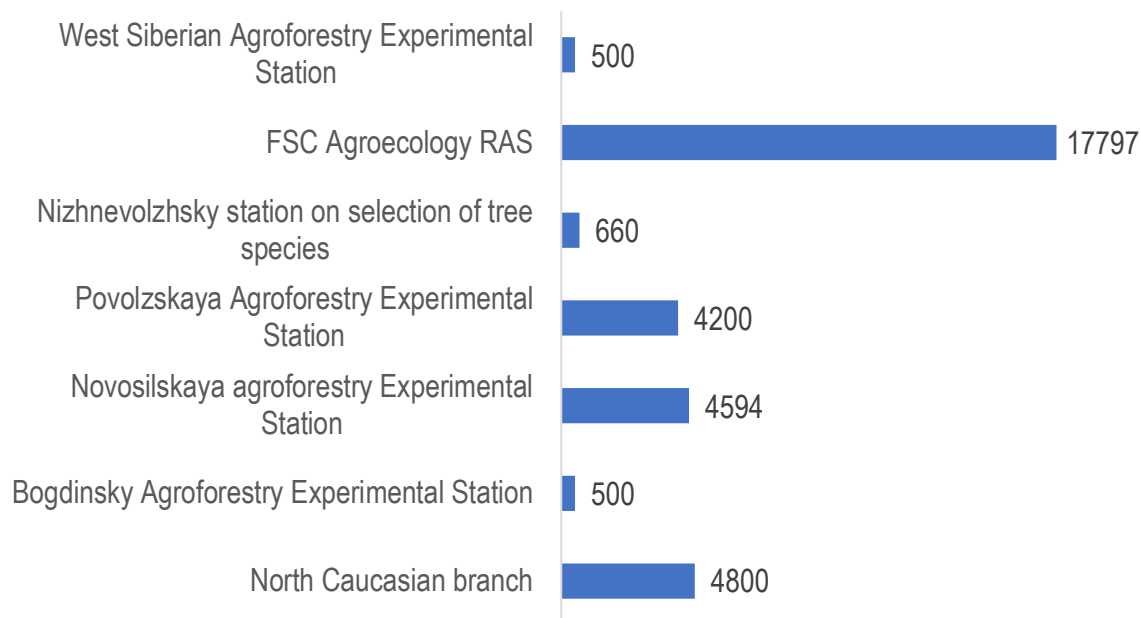


Figure 2. Land area of the main partners of the program, ha

For the scientific justification of the formation of the selection and seed center for wood and agricultural plants, a program was developed that includes the following sections:

- target, economic and financial model of the selection and seed center;
- Russia's position on the world market of culture producers and market conditions;
- production volumes of the organization's products by the subjects of the Russian Federation;
- analysis of the market for production in the subject of the Russian Federation, where it is planned to create a Selection and seed center;
- a brief description of the existing scientific and technological infrastructure and its development, characteristics of the selection material;
- the need to create / open new research units;
- need to upgrade / purchase laboratory equipment and agricultural machinery;
- research program;
- creating a management system that ensures the achievement of indicators and characteristics of the target model;
- development of human resources, including the organization of professional development of employees in leading Russian and world scientific centers; attracting and retaining leading scientists;
- plans for cooperation with leading educational organizations of higher education (Universities);
- marketing strategy;
- institutional form of organization of activities of Breeding and seed center;
- the amount of funds for the purchase of equipment and breeding equipment for the organization of the Selection and seed center; the cost of construction /reconstruction of the laboratory building; program risks;
- creation of infrastructure that meets modern Russian and international requirements.

Results and discussion

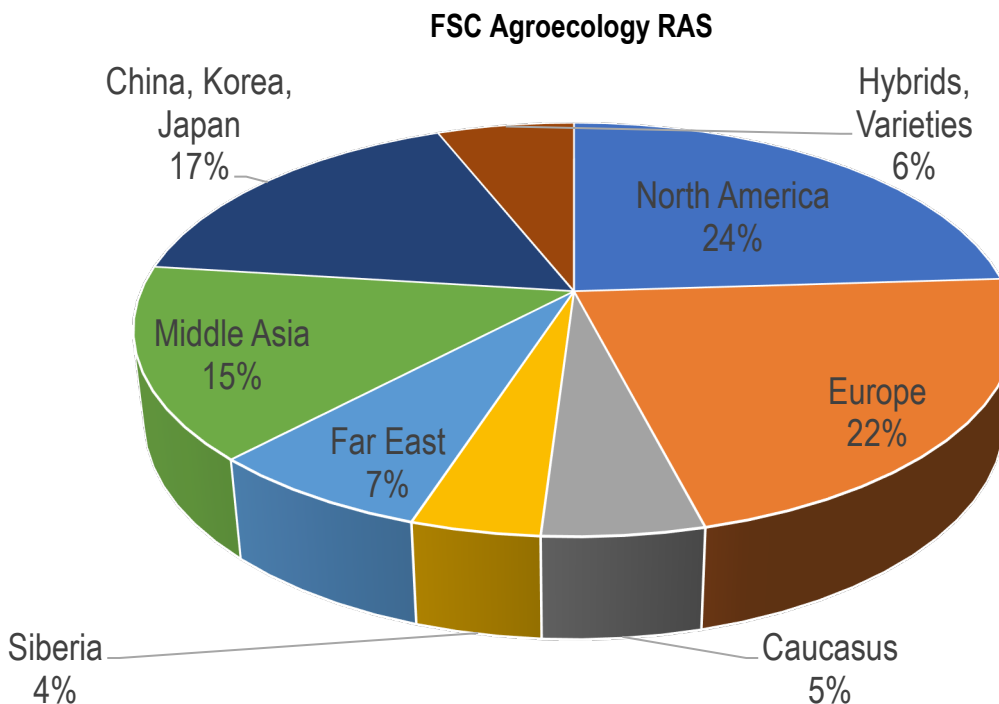
Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (formerly "All-Russian institute of agroforestry research») is one of the few scientific institutions in Russia that solves the problems of protecting soils from degradation and desertification and increasing their fertility by using the protective properties of adapted wood, shrub and herbaceous vegetation.

The mission of the breeding and seed center is to accelerate the creation and introduction into mass production of adapted innovative varieties and hybrids of agricultural and forest crops that meet the most modern requirements of agroecological regulations for the production and processing of agricultural products. This will ensure the development of both the internal food security of the region and the Russian Federation as a whole, and increase the export potential.

Continuous use in research and obtaining ecological, economic and social benefits from the bioresources of economically valuable trees and shrubs of their own selection are key elements for developing a methodology for the innovative development of modern green technologies, including nursery production in the arid region of Russia.

The development of methods and innovative technologies for enriching bioresources with complex stress-resistant, adapted economically valuable plant organisms in the conditions of desertification and degradation of Russian territories is one of the main tasks of protective afforestation. The project meets the criteria defined in "The strategy for scientific and technological development of the Russian Federation and the Decree of the President of the Russian Federation" dated May 7, 2018. №204, "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024", and other normative documents, reflects the world trends in the development of agricultural science.

The center's system includes pilot stations-branches located in various natural and climatic zones (Altai territory, Samara, Volgograd, and Astrakhan regions). Many generations of scientists have created arboretum collections and arboretums (Kulundinsky, Povolzhsky, Kamyshinsky, Volgograd), which contain the main gene pool of tree and shrub species from various countries of the world (Europe, Asia, North America, etc.) for agroforestry and landscaping of arid territories of the Russian Federation (figure 3).



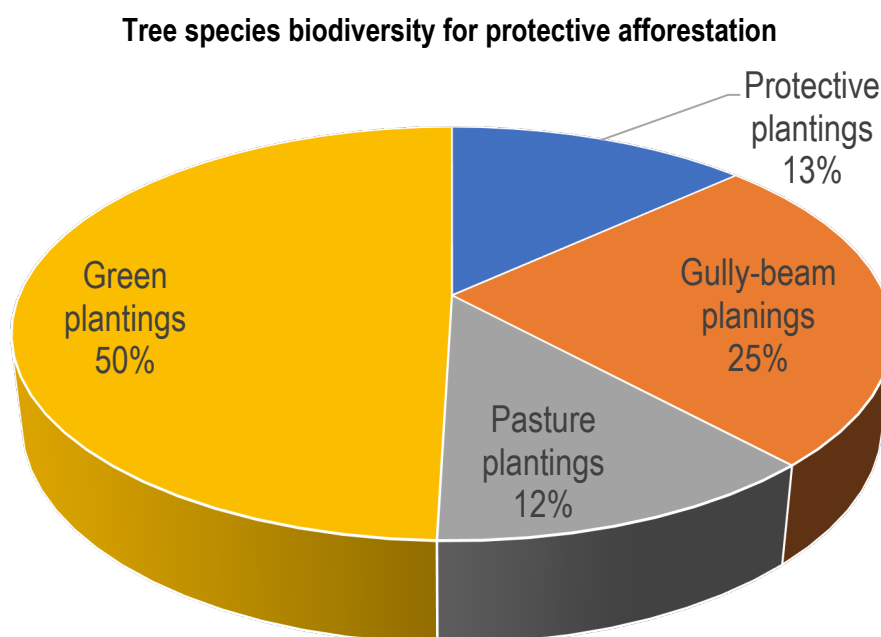
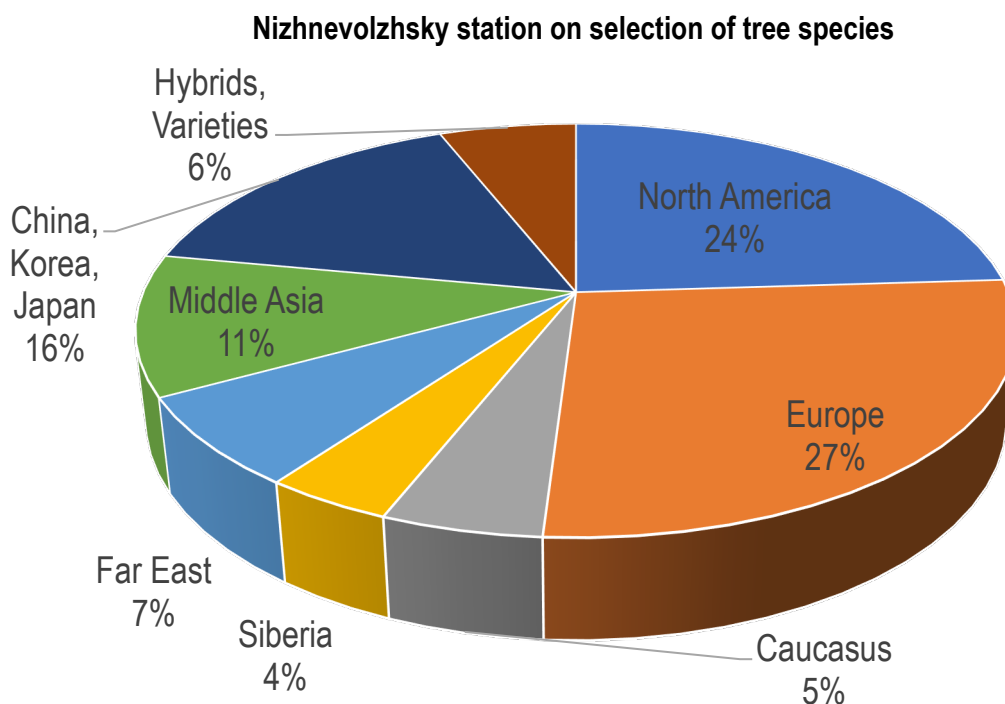


Figure 3. Gene pool of tree and shrub species of FSC for Agroecology Russian Academy of Sciences for agro-forestry and greening the dry territories of the Russian Federation

The obtained complex of resistant varieties, selected valuable uterine gene pool, organized production nurseries in the experimental network Federal scientific center of Agroecology of RAS (Nizhnevolzhskaya station for selection of tree species) for rationalization of nature management, combating drought and desertification in low-forest areas.

Collection funds dendrological collections FSC of Agroecology Russian Academy of Sciences and its experimental stations (branches) are a source of genetic material in the breeding work on the creation of domestic varieties to protective afforestation, planting of settlements in arid regions of Russia.

Varieties of Volgograd selection and a number of non-district varieties created on their basis have high adaptability indicators, are resistant to diseases, effectively use soil fertility, heat supply of the territory, soil and atmospheric moisture to produce products, and have a genetically determined high quality of the resulting crop.

Since there is no ideal variety that would meet the requirements of all producers and processing industry, and would be adaptive to all environmental conditions, it is recommended to use 4-5 complementary and mutually reinforcing varieties for each crop. Such a complex is formed from varieties that differ in precocity, crop quality, attitude to intensive technologies, etc. This mechanism allows minimizing climate risks in land use.

The use of low reproductions or mixtures of varieties leads to the development of diseases, uneven maturation, and a drop in crop quality. Properly organized seed production, both in breeding institutions and directly in farms of all forms of ownership, is able to maintain the varietal purity of seeds at the proper level.

The principle of forest seeds production is to organize it on a selective basis, aimed at obtaining seeds with valuable hereditary properties and high seed quality.

Currently, the Volgograd region has about 500 hectares of permanent forest-seed plots, including 200 pine trees, 80 oak trees, 165 forest seed plantations, including 60 ha of pine and oak trees, 15 larch trees, 20 Robinia trees, and 10 elm trees. 520 plus trees of oak, pine, elm, ash, and Robinia were selected and certified.

As a result of the selection inventory of natural and artificial plantations, 47 thousand hectares of oak and 3 thousand hectares of pine were allocated, which are included in the gene pool for seed harvesting.

62 objects are registered in the state register of breeding achievements: 40% of them are forest reclamation, ornamental, fruit trees and shrubs.

The center has established a promising portfolio of crops: 9 varieties of winter wheat, 4 varieties of spring barley, 2 varieties of spring wheat, 4 varieties of millet, more than 10 varieties of grain sorghum, sugar and Sudan grass, 4 varieties of safflower. Together with breeders VNIIOZ created 4 varieties of soy. We are working together with private companies to select sunflower, chickpea and other crops.

Currently, varieties of wood, fruit, grain, fodder and industrial crops of the selection of the FSC of Agroecology of the Russian Academy of Sciences are grown outside the Volgograd region: Rostov region, Stavropol territory, Republic of Kalmykia, Astrakhan region, Saratov region, Oryol region, Kursk region, Altai territory (figure 6).

Every year farms of all forms of ownership produce from 3 to 5 thousand tons of seeds of high reproductions of crops selected by the FSC, as well as from 1,2 to 1,3 million seedlings and seedlings of complex resistant trees and shrubs of tree and fruit crops. It is possible to increase the volume of high-reproduction seeds produced, mainly at the expense of business partners, to 15-20 thousand or more tons, and to grow planting material for wood and fruit crops up to 5-7 million pieces.

The key regions of the Russian Federation for the development of the Program are the following: Volgograd, Saratov, Orenburg, Samara, Oryol, Kursk, Astrakhan regions, Altai, Stavropol territory, republics: Kalmykia, Tatarstan, etc.

The total area in the Russian Federation sown with varieties of selection of the Center is estimated at 1,0 million hectares, the largest areas – in the Volgograd, Samara and Orenburg regions – more than 0,7 million hectares. However, most of these areas are occupied by mass reproductions.

There is a potential for a significant increase in the area of winter and spring wheat, spring barley, sorghum, and sunflower in almost all Federal districts. Thus, the growth of crops (up to 0,5 million hectares) is expected in the Volga Federal district at the expense of the Saratov, Orenburg and Samara regions. It is possible to increase the area in the southern Federal district by 500 thousand hectares at the expense of the Volgograd, Astrakhan regions and the Republic of Kalmykia. Another 300 thousand hectares may increase the area due to the Oryol, Kursk regions and the Altai territory. The necessary capacity to increase nurseries to meet the needs for protective forests on an area of 4,5 million hectares.

Machine-tractor Park FSC for Agroecology Russian Academy of Sciences and its experimental stations have almost completely developed the resource, which does not allow to increase the volume of field studies, reduces the intensity of the field of the breeding and reduce the rate of transmission of new varieties and hybrids in production.

As a result, the market is increasingly filled with foreign varieties and hybrids, including those that do not have confirmation of the absence of GMOs. Due to significant investment by foreign seed producers, their market share is increasing. This threatens both Russia's internal food security and the development of its export

potential. In parallel with seeds, the domestic market of agricultural raw materials and finished products (saplings, flour, cereals, pasta, bread, etc.), feed grains and compound feeds is filled with imports. If the current rate of replacement of selection achievements in the domestic market, in particular for grain crops, is maintained, import dependence will occur within the next 10 years.

Significantly reduce the gap is possible with the development of new methods and technical means that reduce the time for creating and implementing a variety (hybrid), in parallel with updating the instrument and agrotechnical security of breeding institutions, optimizing the system for creating and replicating breeding achievements by organizing breeding and seed centers (figure 7, figure 8).

Updating the equipment is necessary for ecological, physiological, biochemical and genetic research on forest, fruit, grain, technical and other crops. Its use will allow us to obtain fundamentally new data on the relationship in the "genotype-environment" system for the development of plant breeding in the Volga region and the Russian Federation as a whole. This will significantly speed up the process of breeding new varieties (hybrids) of agricultural crops and search for donors of economically valuable traits for selection.

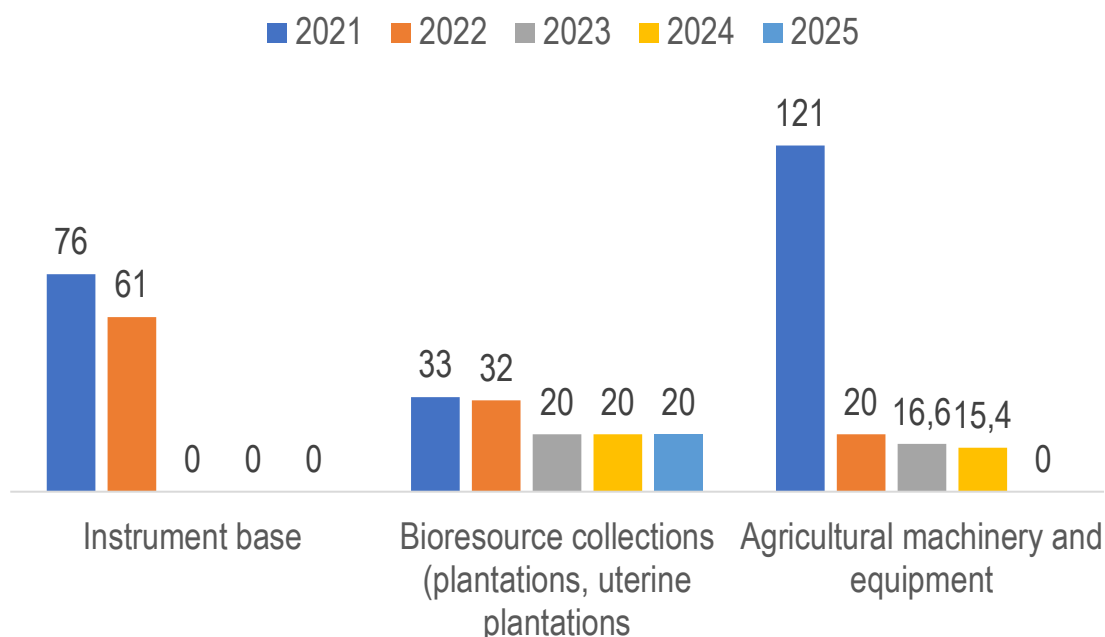


Figure 4. Financial support for the development program of the selection and seed center, million roubles

Experimental research materials obtained at the new equipment and scientific facilities of the FSC for Agroecology of the Russian Academy of Sciences and its branches (collections, mother farms, seed plots, plantations, nurseries, greenhouses, fields, systems of protective forest stands) will allow for targeted selection for various soils in conditions of desertification and climate change.

The new technology will help to increase the area under breeding crops, brooders and nurseries by 150-300 %, proportionally increasing the intake of new lines and speeding up the selection process by at least one and a half to two times. It will also ensure a stable yield of seeds to ensure the processes of registration of selection achievements and the initial stage of their seed production (figure 5).



Figure 5. Target audience and End Users

Thus, in the course of implementing the Program, the gap between the demand for high-quality seed and planting material and the supply on the domestic market should be significantly reduced. In parallel, the domestic market and export of agricultural raw materials (grain) and finished products (adapted, complexly stable seedlings and seedlings of economically valuable trees and shrubs, flour, cereals, pasta, bread, etc.) will develop.

Conclusion

The mission of the breeding and seed center is to accelerate the creation and introduction into mass production of adapted innovative varieties and hybrids of agricultural and forest crops that meet the most modern requirements of agroecological regulations for the production and processing of agricultural products. This will ensure the development of both the internal food security of the region and the Russian Federation as a whole, and increase the export potential.

Development of methods and innovative technologies for enriching bioresources with complex stress-resistant, adapted, economically valuable plant organisms in conditions of desertification and degradation of territories.

Creation of catalogs of collections, seed plantations, price lists, databases of economically valuable plants, intellectual property objects for use in methodological and technological developments determined by the scientific and technological priorities of the development of the Russian Federation.

The scientific basis for the mobilization of woody plants in low-forest regions and the development of technologies for their nursery management are aimed at the conservation and continuous multi-purpose use of taxonomic and genetic diversity of economically valuable species. Widespread implementation of developments contributes to the reduction of degradation processes and restoration of ecosystems through the creation of

structural and functional objects (mother farms, seed bases, nurseries, etc.). Research increases the efficiency and cost-effectiveness of planting material production, contributes to the formation of an innovative product based on the analysis of potential demand and government orders, and includes science, education, and business.

Fundamental and applied research on the preservation of dendrocollybia FSC for Agroecology Russian Academy of Sciences and the continuous use of biodiversity in the sparsely wooded areas aimed at creating comfortable living environment of the population, prevention of threats to environmental and food security of crop production, agroforestry and protective afforestation, greening, and consistent with the implementation of the targets of national projects "Science" and "Ecology".

Reference

1. Akatov, V. V, Akatova, T. V, & Shadzhe, A. E. (2016). Robinia pseudoacacia L. in the Western Caucasus. *Russian Journal of Biological Invasions*, 7(2), 105–118. <https://doi.org/10.1134/S2075111716020028>
2. Chindyayeva, L. N., Belanova, A. P., & Kiseleva, T. I. (2018). Patterns of Natural Regeneration of Alien Species of Woody Plants in Novosibirsk. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9(3), 273–285. <https://doi.org/10.1134/S2075111718030025>
3. Dolgih A.A. Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation. *World Ecology Journal*, 2018, 8(1), 29-42. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.1.1.003>
4. Kebbas, S., Benseddik, T., Makhloufi, H., & Aid, F. (2018). Physiological and biochemical behaviour of Gleditsia triacanthos L. young seedlings under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 585–592. <https://doi.org/10.15835/nbha46211064>
5. Kostin, M. V, & Manaenkov, A. S. (2019). Productivity and life length of oak (Quercus robur L.) artificial crop in the Northern Ergeny, Kalmykia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 226). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012057>
6. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V, & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of Quercus robur L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
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. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 115). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/115/1/012009>
8. Melikhov, V. V, Novikov, A. A., Medvedeva, L. N., & Komarova, O. P. (2017). Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy. *Contributions to Economics*, (9783319454610), 365–382. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45462-7_37
9. Semenyutina, A. V, Podkovyrov, I. U., & Semenyutina, V. A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, 11(12S), 699–702.
10. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
11. Semenyutina, V. A., Svintsov, I. P. (2019). Indicator signs of the adaptation of subtropical wood plants based on complex researches. *World Ecology Journal*, 9(1), 70-104. <https://doi.org/10.25726/NM.2019.60.66.005>
12. Vilcinskas, R., Jociene, L., Rekasius, T., Marozas, V., Paulauskas, A., & Kupcinskiene, E. (2016). Genetic diversity of Lithuanian populations of Juniperus communis L. in relation to abiotic and biotic factors. *Dendrobiology*, 76, 61–71. <https://doi.org/10.12657/denbio.076.006>
13. Vinogradova, Y. K., Tkacheva, E. V, Brinzda, J., Mayorov, S. R., & Ostrowsky, R. (2013). On flowering patterns of alien species: 2. Robinia pseudoacacia, R. × ambigua, and R. neomexicana. *Russian Journal of Biological Invasions*, 4(2), 74–86. <https://doi.org/10.1134/S2075111713020094>

14. Volk, G., Samarina, L., Kulyan, R., Gorshkov, V., Malyarovskaya, V., Ryndin, A., ... Stover, E. (2018). Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(2), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0543-z>
15. Yan, W., Zhong, Y., & Shangguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>

Специфика размножения хвойных растений в питомниках ФНЦ агроэкологии РАН



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



Августа Андреевна Долгих
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
agloswnialmi@mail.ru
0000-0002-9707-0878



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



Василий Васильевич Сапронов
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
pitomnik-vnialmi@mail.ru
0000-0001-6945-0905

Поступила в редакцию
12.11.2019

Принята
4.05.2020

Опубликована
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.2

Аннотация

В связи с реализацией мероприятий национальных проектов «Наука», «Экология» остро стоят вопросы обеспечения посадочным материалом адаптированных древесных видов лесовосстановительных работ на деградированных территориях засушливых территорий.

Цель исследований – разработка перспективных технологий размножения хвойных таксонов для лесомелиорации и озеленения с учетом их репродуктивных особенностей в засушливых условиях.

Объекты исследований: лжетсуга Мензиеза (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.), можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana* L.), м. казацкий (*sabina* L.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), плоскочеточник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), ель колючая ф. сизая (*Picea pungens* Engelm f. *glauca* Beissn.) коллекций, питомников, маточников Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:36:000014:178).

Научные исследования направлены на решение теоретических и методических вопросов получения посадочного материала из адаптивного поколения древесных растений на основе изучения их репродуктивной способности.

Выявлено качественные и количественные параметры семеношения и влияние лимитирующих факторов среды на развитие семян. Установлены особенности семенного размножения представителей древесных растений (хвойные таксоны) и разработаны технологические аспекты вегетативного размножения в условиях питомника Нижневолжской станции по селекции древесных пород (Волгоградская обл., Камышин) и комплекс мероприятий, обеспечивающих выращивание стандартного посадочного материала за один вегетационный период. Этот важный технологический прием в 2,8 раза увеличивает выход семян с единицы площади, 87 % семян достигают стандартных размеров, в 6 раз увеличивается абсолютно сухая масса семени.

Внедрение научных разработок проводилось на производственных питомниках Нижневолжской станции по селекции древесных пород. В 2019 году было реализовано семян и саженцев на сумму 6771024,12 рублей.

Даны прогнозные предложения по развитию объекта – обновление производственной инфраструктуры станции, в т.ч. реконструкция питомника с целью формирования фонда посадочного материала для воспроизводства и использования коллекций биоресурсов деревьев и кустарников многоцелевого назначения.

Ключевые слова

адаптация, обогащение дендрофлоры, семеноведение древесных видов, *Pseudotsuga menziesii*, *Juniperus virginiana*, *sabina*, *Thuja occidentalis*, *Platycladus orientalis*, *Picea pungens*

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

Введение

Интенсивная хозяйственная деятельность резко обострила экологическую обстановку в засушливых регионах России; 42 млн. га деградированных угодий нуждаются в лесомелиоративном обустройстве. В связи с этим, разработке методов улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов, научному обоснованию адаптивной организации землепользования в земледелии, лесном и водном хозяйстве, рекреации, градостроительстве, озеленении населенных пунктов и животноводческих ферм с помощью обогащения дендрофлоры и повышения уровня биоразнообразия следует уделять все большее значение.

Старение, отсутствие лесоводственного ухода, повреждение самовольными рубками, пожарами, перевод пашни в залежь привели к тому, что санитарное состояние дендрологических коллекций, маточников, семенных плантаций для целей восстановления и воспроизводства защитных лесных

насаждений повсеместно запущено, жизнеспособность насаждений ослаблена, а в юго-восточных районах происходит их массовое отмирание.

Главное средство лесных мелиораций – хозяйственно-ценные деревья и кустарники. Они используются в насаждениях различной формы (линейных, однорядных и многорядных, куртинных и массивных), которые особым образом размещены на сельскохозяйственных территориях и образуют агролесоландшафт с присущими ему свойствами (экологичность, экономичность, адаптивность и долговечность, а также высокие социальные функции) (Semenyutina, 2018).

Усиление процессов эрозии, дефляции, учащение проявления засух, загрязнение и падение плодородия почв, изменение их водного и теплового режима в совокупности вызывают процессы деградации и опустынивания земель. Это снижает экономическую привлекательность возделывания старых сортов и гибридов.

Одним из стратегических направлений является выделение ценного генофонда, создание постоянной лесосеменной базы, выращивание насаждений из селекционно улучшенного материала. В общей сложности в целом по Российской Федерации необходимо иметь около 7 млн. га защитных лесных насаждений всех видов (полезащитные, противозерозионные, на песках, на аридных пастбищах). Дополнительно к имеющимся насаждениям необходимо создать более 4 млн. га. Планировалось создавать 118 тыс. га (для сравнения в Китае 1,4 млн. га, США 250 тыс., Канаде 300 тыс./га в год).

Мотивацией для селекционных работ при обогащении дендрофлоры лесомелиоративных комплексов на сельскохозяйственных землях (всех требующихся видов насаждений – полеззащитных, противозерозионных, на аридных пастбищах, по берегам малых рек и водоемов и др.) является реализация международных, государственных и региональных программ по сохранению природной среды, защитному лесоразведению, обустройству сельских территорий и т.д. (Semenyutina, 2016, Semenyutina, 2014)

В области семеноводства планируется организация собственной постоянной лесосеменной базы вне ареала основных древесных пород взамен практикуемого сейчас использования инорайонных семян. Методами создания постоянной лесосеменной базы в аридной зоне является отбор популяций и биотипов по комплексу признаков, главными из которых являются их засухо-, морозо-, солеустойчивость. Базой исследования являются созданные ранее дендрологические коллекции, лесосеменные объекты.

По предварительным расчетам в 2021 году для целей лесовосстановления в Волгоградской области потребуется около 5,8 млн. шт. сеянцев, из них хвойных пород – 2,5 млн. шт., в т.ч. с закрытой корневой системой. На декабрь 2019 г. объем реализации посадочного материала хвойных и лиственных растений, выращенных на питомнике Нижневолжской станции по селекции древесных пород, составил 6,77 млн. рублей.

Цель исследований – изучение репродуктивной способности хвойных таксонов в засушливых условиях и разработка перспективных технологий их размножения для лесомелиорации и озеленения.

Для успешности внедрения хвойных пород проведена серия опытов по усовершенствованию технологии выращивания сеянцев и их качественной оценке. При посеве использовали семена собственного сбора местной репродукции.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в дендрологических объектах и питомнике Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН (Камышин, Волгоградская область; рисунок 1, таблица 1).

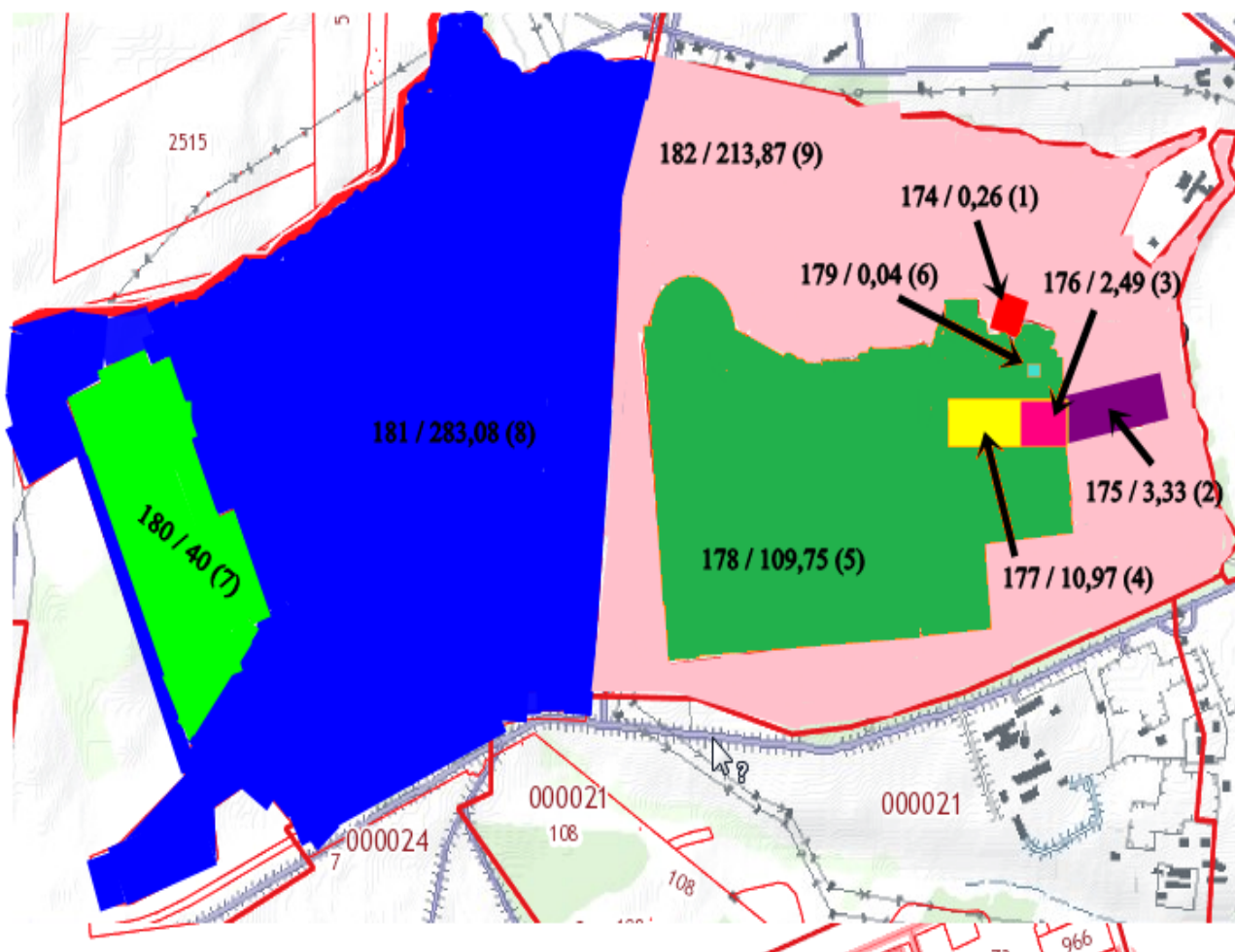


Рисунок 1. Состав и описание функциональных зон Нижневолжской станции по селекции древесных пород

Таблица 1. Характеристика и размещение участков

	№ кадастровый	Площадь, м ²
Камышин. Административное здание Нижневолжской станции по селекции древесных пород	34:36:000014:179	403
Камышин. В 250 м юго-восточнее от 34:36:000014:179	34:36:000014:175	33341
Камышин. В 50 м на север от 34:36:000014:179	34:36:000014:176	24910
Камышин. В 370 западнее от 34:36:000014:179	34:36:000014:177	109755
Камышин. 350 м западнее от 34:36:000014:179	34:36:000014:178	1097517
Камышин. В 3,08 км на запад от 34:36:000014:179	34:36:000014:180	400000
Камышин. В 2,5 км на запад от 34:36:000014:179	34:36:000014:181	2830888
Камышин. В 0,4 км севернее 34:36:000014:179	34:36:000014:182	2138795

Несмотря на большое теоретическое и практическое значение хвойных растений (лжетсуга, ель, лиственница, можжевельники и др.) до настоящего времени слабо изучены вопросы их репродуктивной способности в системе «генотип-среда».

Наиболее распространены в Волгоградской области формы лжетсуги Мензиеса: зеленая – *var. viridis*, сизая – *var. glauca*, серая – *var. caesia*. Констатация факта существования этих форм имеется в литературных источниках.

Выявление формового разнообразия проводится на основании маршрутного обследования и изучения справочных и ведомственных материалов ФНЦ агроэкологии РАН, Нижневолжской станции по селекции древесных пород. Таксономическая принадлежность уточняется по Черепанову. Проводится характеристика перспективных форм по количественным и качественным характеристикам.

Осуществлялась фотофиксация образцов, сбор гербарного материала, изучение изменчивости морфометрических показателей. По каталогам и справочной литературе проводится флористический и географический анализ.

Выявление и отбор формового разнообразия для объектов озеленения проводится по оценке ландшафтно-эстетических качеств-

Определяются экземпляры для проведения тщательных фенологических наблюдений по общепринятым в биологии методикам.

В насаждениях Нижневолжской станции по селекции древесных пород (Камышин) и ФНЦ агроэкологии РАН хвойные таксоны представлены экземплярами различного возраста (от 8 до 90 лет). Происхождение семян из ареала распространения (США), Москва, Липецк и др.

Биоэкологическая оценка видов определяется по следующим показателям: зимостойкость, засухоустойчивость, характер цветения, плодоношения и семенного размножения (Andivia, 2019; Brodrribb, 2012 и др.).

Определяется завязываемость, вес и линейные размеры шишек и семян различных видов. Для анализа выбирают по 5 растений, идентичных по возрасту, высоте и диаметру.

Биологической статистикой определяется: среднее значение каждого признака (\bar{X}) и его ошибка ($M \bar{X}$), коэффициент вариации (с.в., %), а также коэффициенты линейной корреляции между признаками (R_x).

Статистическая обработка цифрового материала, полученного в результате опытов, учетов и наблюдений осуществляется по методике Г. Н. Зайцева, с использованием компьютерных программ Statistica и Excel.

При сборе шишек соблюдаются все требования ГОСТа, а именно не смешивать шишки, собранные с разных деревьев и в насаждениях разных возрастов, различающихся по времени сбора и способу хранения. Отбраковывать сильно засмоленные и пораженные грибными заболеваниями и насекомыми шишки. Тщательно производить обескрыливание и отвеивание пустых семян. Для выявления наиболее перспективных в хозяйственном отношении форм отбор селекционно маточных деревьев необходимо производить с учетом формового разнообразия.

Для определения посевных качеств семян берут 4 пробы по 100 семян, замачивают на 24 часа, проращивают на фильтровальной бумаге, в чашках Петри при температуре 22-25°C. Учет проводится в 7-, 10-, 15-, 20-, 25-, 30-й дни. Энергия прорастания учитывается на 10 день, всхожесть на 30-й.

Проводятся опыты по использованию различных способов предпосевной обработки семян (1. обычная, холодовая стратификация без дополнительной обработки; 2. использование растворов корневина и перекисью водорода в качестве стимулятора прорастания).

Закладываются опыты по зеленому черенкованию, которое проводится в холодном парнике в условиях теплицы. В качестве субстрата используют песок, торф, вермикулит, смесь торфа и песка (1:1), смесь торфа и вермикулита (1:1), смесь торфа, песка и вермикулита (1:1:1).

Для укоренения берут черенки 6-12 см, 3 повторности по 10 черенков, с обработкой корневином и без обработки корневином. Черенки высаживают в субстраты в начале апреля, в качестве контроля был вариант без обработки.

Для каждого вида или формы испытания проводили в 6 вариантах (по три повторности, в каждой по 10 черенков). Учеты и наблюдения вели по проценту укоренения черенков.

Результаты и обсуждение

Равнинный рельеф способствует проникновению в регион различных воздушных масс: зимой вторгается холодный, сухой, континентальный воздух Сибирского антициклона, усиливая суровость зимы, летом наблюдается приток воздушных масс с Атлантического океана. Пройдя над разогретой поверхностью Русской равнины, они иссушаются, нагреваются и почти не умеряют жару. В течение всего года не исключается возможность проникновения сухого арктического воздуха. Зимой, он еще более усиливает мороз, летом делает погоду прохладной, весной и ранней осенью приносит заморозки. Летом часто вторгаются сухие, горячие массы воздуха из Казахстана, тогда воцаряется жара до +39-45°C.

Особенностью континентального климата являются большие амплитуды колебания температур. Среднемесячные амплитуды составляют 30-32°C, а максимальных и минимальных температур достигают 70-80°C. В июле суточная амплитуда может достигать 11-12°C.

Территория получает много тепла и имеет длительный вегетационный период, продолжающийся от 145-160 дней. При обилии тепла и света большое значение имеют атмосферные осадки. Однако их явно недостаточно. В отдельные засушливые годы их количество – 270-300 мм, при крайне неравномерном распределении в течение вегетационного периода, испаряемость достигает 600-800 мм. Две трети годового количества осадков приходится на теплый период (с апреля по октябрь). На распределение осадков оказывает влияние и рельеф, обычно на возвышенностях их выпадает больше.

В летний засушливый период среднесуточная температура воздуха может превышать 30°C (июль–август 2010 г.), а максимальная достигать 39-40°C; поверхность почвы нагревается до 65-67°C, относительная влажность понижается до 10-12%, дефицит упругости водяного пара достигает огромной величины – 58-60 гПа. Среднегодовая температура воздуха составляет 7,3°C, средняя температура самого холодного месяца января – 9,1°C (абс. минимум –37°C), самого жаркого июля – + 23,2°C (абс. максимум 45°C). Годовая сумма активных температур варьирует от 2800 до 3000°C. Количество осадков за год – 382 мм (таблица 2).

На станции велись наблюдения за температурой воздуха и относительной влажностью, в самый жаркий период лета. Так в июле относительная влажность воздуха доходила до 16,5 %, а температура воздуха – + 43,2°C. Необходимо отметить, что за все летние месяцы осадков не наблюдалось.

Осень продолжительная, с преобладанием ясной и тёплой погоды.

Характерной чертой климата области, непосредственно влияющей на рост и развитие растений, являются засухи и сушеи.

Таблица 2. Климатические показатели (по данным метеостанции г. Камышина)

Показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя температура, °С	-9,1	-9	-3	9	16,6	21,2	23,3	22	15,5	7,4	-0,4	-5,6
Минимальная температура, °С	-12,6	-12,8	-6,7	30,7	10,4	15	17,2	15,8	90,8	30,1	-3,3	-8,5
Максимальная температура, °С	-5,6	-5,1	0,8	14,3	22,8	27,4	29,5	28,2	21,2	11,8	20,6	-2,5
Норма осадков, мм	31	23	21	24	31	46	37	35	37	24	37	36

Среднемесячные показатели направлений ветров по метеостанции г. Камышина: северный – 8,0, северо-восточный – 14,9, восточный – 16,1, юго-восточный – 9,8, южный – 14,7, юго-западный – 10,0, западный – 14,7, северо-западный – 11,9%.

Хвойные растения рода *Pseudotsuga* представляют большой интерес для садово-паркового строительства и защитного лесоразведения. Лжетсуга (псевдотсуга) Мензиеса – *Pseudotsuga menziesii* (Mill.) Franco (семейство *Pinaceae*), родина, которой является Северная Америка, в настоящее время подразделяется на 10 разновидностей. Успех использования лжетсуги в качестве интродуцента зависит от выбранной разновидности.

Несмотря на большое теоретическое и практическое значение формовое разнообразие лжетсуги Мензиеса до настоящего времени слабо изучено. Успех использования лжетсуги в качестве интродуцента зависит от выбранной разновидности. Ареал естественного распространения псевдотсуги Мензиеса охватывает обширные территории на западе Северной Америки (рисунок 2) (Brodribb, 2014, Donohue, 2010).



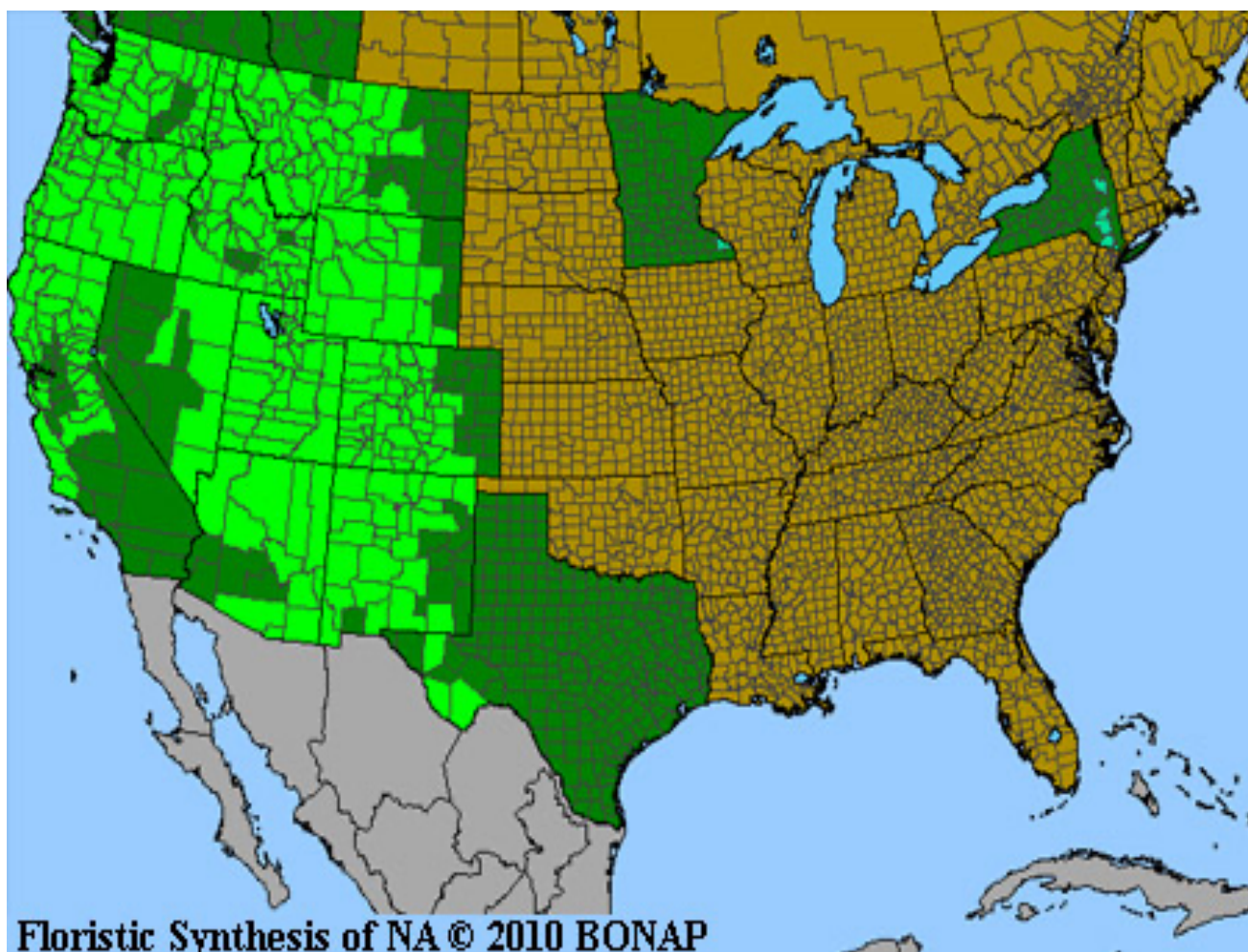


Рисунок 2. Ареал естественного распространения *Pseudotsuga menziesii*

Континентальный климат откладывает свой отпечаток на декоративность, рост и развитие растений, интродуцированных из других географических пунктов. В насаждениях Нижневолжской станции по селекции древесных пород (Камышин) и ФНЦ агроэкологии РАН в условиях каштановых почв *Pseudotsuga menziesii* представлена экземплярами различного возраста (8, 23, 40, 47, 77, 90 лет) и формовым разнообразием (зеленая – *var. viridis*, сизая – *var. glauca*, серая – *var. caesia*). Это высоко декоративные деревья с красивыми, оригинальными по форме и окраске шишками, густой и длинной с восковым налетом хвоей (таблица 3).

Таблица 3. Сравнительная характеристика формового разнообразия *Pseudotsuga menziesii*

Зеленая (тисолистная) <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i>	Голубая – <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i>	Сизая – <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>caesia</i>
Ареал – Береговые хребты, западные макросклоны Каскадных гор, Сьерра-Невады	Ареал – юго-западный регион Канады, восточные макросклоны Каскадных гор	Ареал – Скалистые горы, северный регион Мексики
Ветви кроны горизонтальные или слегка опущенные и извилистые	Ветви горизонтальные	Ветви приподняты к вершине
Кора ствола толстая, глубокотрещиноватая	Кора тонкая, мелкотрещиноватая	Кора тонкая, борозчато-трещиноватая
Хвоя мягкая, тонкая, зеленой окраски, заостренная, часто серповидная, двурядно расположенная, 15-30 мм длины, 1,4 мм ширины	Хвоя плотная, голубовато-зеленая, туповатая, неправильно двурядная, 15-20 см длины, 1,6 мм ширины	Хвоя сизая, толстая, тупая, расположена щеткообразно под острым углом к побегу, 15-25 мм длины, 1,5 мм ширины

Шишки 7-10 см длины с 50 семенными чешуйками. Кроющие чешуи прямые, расположены вдоль шишки, прилегают к ней	Шишки до 5 см длины, овально-заостренные. Кроющие чешуи слегка отогнуты от шишки	Шишки до 4-7,5 см длины с 30 семенными чешуйками. Кроющие чешуи загнуты к основанию шишки
Семена до 7 мм длины. Всходят медленно. Средняя степень морозо- и засухоустойчивости	Семена до 5 мм длины. Всходят быстро. Засухоустойчива и морозостойка	Семена до 5 мм длины. Всходят быстро. Морозостойка.

Быстрота роста является весьма важным свойством древесных растений. Быстрорастущие растения раньше дают декоративный эффект и проявляют защитные свойства (таблица 4).

Таблица 4. Таксационные показатели формового разнообразия *Pseudotsuga menziesii* (Камышин, возраст 50 лет)

Форма <i>Pseudotsuga menziesii</i>	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Проекция кроны, м
var. <i>viridis</i>	12,9±0,13	20,3±1,3	4,7 x 4,2
var. <i>glauca</i>	11,6±0,18	16,1±0,71	4,9 x 4,7
var. <i>caesia</i>	8,4±0,22	15,6±0,63	3,5 x 3,5

Высота *Pseudotsuga menziesii* в возрасте 80 лет на 15-20 % превосходит другие хвойные виды (сосну, ель) в условиях светло-каштановых почв. В течение всего периода культивирования растения *Pseudotsuga menziesii* в условиях каштановых почв не повреждались засухой, морозами, грибными болезнями и энтомофагами.

Одним из методов оценки успешности адаптации и акклиматизации *P. menziesii* является метод фенологических наблюдений. Он позволяет выявить синхронность развития вегетативных и генеративных органов культивируемых растений и оценить степень адаптации вида к почвенным и климатическим условиям произрастания.

Вегетативные побеги	Генеративные побеги
Пб ¹ - набухание вегетативных почек 1.05.2019	Ц ¹ - набухание генеративных почек 1.05.2019
Пб ² - распускание почек 3.05.2019	Ц ² - распускание генеративных почек 4.05.2019
Пб ³ - начало роста побегов 8.05.2019	Ц ³ - обособление мужского и женского колосков 4.05.2019
Пб ⁴ - окончание роста побегов 18.05.2019	Ц ⁴ - начало пыления 5.05.2019
О ¹ - одревеснение основания побегов 21.05.2019	Ц ⁵ - конец пыления 11.05.2019
О ² - полное одревеснение побегов 25.06.2019	Пл ¹ - смыкание семенных чешуй, формирование шишки 18.05.2019
Л ¹ - начало обособления хвои 13.05.2019	Пл ² - изменение окраски шишек и опробковение наружных чешуй 18.06.2019
Л ² - полное обособление хвои 20.05.2019	Пл ³ - полное созревание шишек 15.08.2019
Л ³ - осеннее пожелтение хвои 28.08.2019	
Л ⁴ - опадение хвои или веток 5.09.2019	
П ⁴ - образование зимней верхушечной почки 15.08.2019	Пл ⁴ - рассеивание семян 18.08.2019

Первое цветение и плодоношение в дендрологических коллекциях Волгоградской области наблюдалось в 8-10 лет. Вегетация у *P. menziesii* начинается с распускания генеративных почек. Продолжительность пыления мужских стробил и цветения женских шишечек различна. Лжетсуга Мензиеса декоративна во время цветения. Тычиночные колоски желтые, колпакообразные (14×8 мм), плодущие – ярко-красные (23×9 мм). В среднем за период наблюдений фенофаза «цветения» наступает 10 апреля, что совпадает с фенофазой «пыления». Фенофаза цветения растягивается на 8 дней – с 10

по 17 апреля, пыление длится 5 дней – с 10 по 15 апреля. Средние сроки начала цветения в Ростовской области (ст. Обливская) 28 апреля, в Москве пыление – в первой декаде июня, что значительно позже, чем в Волгоградской области. Лжетсуга Мензиеса в районе интродукции характеризуется изменчивостью по морфологическим признакам шишек и семян (таблица 5).

Таблица 5. Морфопараметры шишек и семян

Разновидность <i>Pseudotsuga menziesii</i>	Размеры шишек, см		Размеры семян, мм	
	длина	ширина	длина	ширина
var. <i>viridis</i>	6,4±0,32	2,6±0,13	6,2±0,31	3,0±0,15
var. <i>glauca</i>	6,0±0,30	2,2±0,11	5,9±0,29	2,8±0,14
var. <i>caesia</i> с мелкими шишками	3,7±0,18	2,1±0,10	4,1±0,20	1,9±0,09

Основные показатели качества семян (масса 1000 шт., энергия прорастания, всхожесть, полнозернистость) тесно связаны между собой (таблица 6).

Таблица 6. Взаимозависимость основных показателей качества семян *P. menziesii* var. *viridis*

Показатели качества семян	Полнозернистость, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Масса 1000 шт., г
Полнозернистость, %	1,00	0,85*	0,96*	0,76*
Энергия прорастания, %	0,85*	1,00	0,90*	0,75*
Всхожесть, %	0,96*	0,90*	1,00	0,76*
Масса 1000 шт., г	0,76*	0,75*	0,76*	1,00

* – коэффициенты корреляции (r), значимые на уровне $p < 0,05\%$.

Коэффициенты корреляции (r), значимые на уровне $p < 0,05\%$ варьируют от 0,75 до 0,99. Опыт по прорастанию проводился семенами, собранными в 2013 году, с деревьев *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* разного происхождения: П-М – Москва, П-Л – Липецк, П-К – Камышин, П-В – Волгоград. Первые всходы появились на 15-29 день после посева. Холодная стратификация оказывает влияние на сроки прорастания семян, сокращая их на 12-14 дней (таблица 7).

Таблица 7. Прорастание семян *Pseudotsuga menziesii* var. *Viridis* при грунтовом посеве

Разновидность	вариант а*		вариант б		вариант в	
	появление всходов	массовые всходы	появление всходов	массовые всходы	появление всходов	массовые всходы
П-М	22-24.V	27.V	10-12.V	12.V	26-28.V	31.V
П-Л	25-26.V	26.V	12-14.V	13.V	24-25.V	29.V
П-К	19-21.V	21.V	05-07.V	07.V	22-24.V	25.V
П-В	20-22.V	22.V	03-05.V	05.V	20-21.V	23.V

Примечание: вариант а – стратификация и предпосевная обработка 0,1% раствором KNO_3 ; вариант б – стратификация; вариант в – замачивание в воде 24 ч.

Раннее появление всходов отмечено у растений из семян Волгоградской репродукции. Наиболее высокая грунтовая всхожесть (35-40%) была при стратификации, без дополнительной обработки семян. На 10 % ниже оказалась грунтовая всхожесть семян без стратификации.

С целью выявления и передачи декоративных признаков по потомству применяли вегетативное размножение (таблица 8).

Таблица 8. Результаты укоренения и биометрические показатели укорененных черенков

Вид, форма	% укоренения	Средняя		Высота однолетних укорененных черенков, см
		длина корневой системы, см	количество корней 1-го порядка, шт.	
<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i>	81,4	13,6±0,62	8	15,1±0,47
var. <i>glauca</i>	62,3	8,3±0,37	9	16,4±0,41
var. <i>caesia</i>	53,7	8,0±0,35	7	15,2±0,43

Состояние деревьев *Pseudotsuga menziesii* в возрасте от 12-40 лет в зоне сухих степей оценивается как хорошее и удовлетворительное. Растения плодоносят, дают полнозернистые семена, которые используются для выращивания посадочного материала.

Для обогащения озеленительных насаждений урболандшафтов малолесных регионов рекомендуются для более широкого использования как перспективные формы – сизая, голубая, зеленая (рисунок 3).



a





в

Рисунок 3. *Pseudotsuga menziesii* в озеленении г. Камышина и г. Волгограда (формы: а – var. viridis, б – var. caesia, в – var. glauca)

Результаты изучения декоративных особенностей свидетельствуют о возможности более широкого использования её для аллеиных и групповых посадок в парках (таблица 9).

Таблица 9. Декоративные достоинства *Pseudotsuga menziesii* в сравнении с другими видами, используемыми в озеленении

Род	Декоративные признаки (балл) и длительность их проявления (месяц)						Рейтинг родов
	цветки	плоды, шишки	листья (хвоя) форма	окраска листьев (хвои)	ствол	крона	
<i>Pseudotsuga</i>	2×1	4×3	6×12	6×3	3×12	6×12	212(1)
<i>Betula</i>	3×1	3×1	4×4	5×1	6×12	6×12	171(2)
<i>Acer</i>	3×1	5×3	5×4	6×1	4×12	4×12	140(3)
<i>Robinia</i>	6×1	2×3	4×4	2×1	3×12	3×12	102(4)

Решение теоретических вопросов семеноведения *Pseudotsuga menziesii* с целью мобилизации адаптированного биологического потенциала видового, формового разнообразия для лесомелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны направлены на сохранение, восстановление, непрерывное использование интродукционных ресурсов, повышение рекреационного потенциала при формировании оптимальных условий для проживания населения.

Успех выращивания посадочного материала методом черенкования зависит от правильного отбора побегов на маточных растениях, своевременности заготовки черенков, предпосадочной обработки их стимуляторами корнеобразования, последующей посадки и ухода за ними при поддержании оптимальных условий сред укоренения.

Лжетсуга Мензиеса. Лучшим сроком заготовки черенков на маточниках до 10-летнего возраста является март-апрель, когда начинают набухать почки. Для укоренения используют боковые черенки с «пяткой», а также верхушечные и осевые побеги второго и третьего порядков ветвления, которые перед посадкой нарезают длиной 8-12 см и толщиной базальной части 4-6 мм. Укореняемость черенков из осевой части побега в 1,5-2 раза выше, чем у черенков из боковых побегов (20-30 %). Укореняемость черенков с маточников старше 10 лет составляет 25-30 % и ниже.

Оптимальной является относительная влажность воздуха 70-80 %, температура воздуха не выше 20-25°С. В качестве субстрата используется промытый речной песок, предохраняющий черенки от загнивания. Глубина посадки 1-2 см.

Черенки, обработанные перед посадкой регуляторами роста, отличаются лучшей укореняемостью и сохранностью и образуют корневую систему с корнями I-II порядков. Начало образования корней у черенков отмечается на 45 день.

Лучшие результаты укоренения получают при обработке черенков ИУК 0,02 %-ной концентрации при 18-часовой экспозиции (90 %), комбинированной обработке ИМК (0,01 %) с витамином В1 (0,006 %) при 12-ти часовой экспозиции (65 %), а также ИМК – 0,01 % и 12 часов (50 %-ное укоренение).

Ввиду повышенного отпада при обычных условиях дорастивания осуществление пересадки только что укоренившихся черенков (в августе) в полиэтиленовые цилиндрики с оставлением их на 1,5-2 месяца в культивационных сооружениях и последующим размещением в углублениях (на 10-12 см от поверхности) грядах школы с утеплением на зиму древесными опилками обеспечивает 55-60 %-ную их приживаемость. В первые годы дорастивания они характеризуются незначительным приростом в высоту и искривлением осевого побега. На 3-4 –й год саженцы приобретают вертикальный ствол и не отличаются по развитию от саженцев семенного происхождения.

Лиственница сибирская. Технология размножения лиственницы зелеными черенками разрабатывалась на видовом, клоновом и семейственном уровнях. В зависимости от индивидуальных особенностей деревьев и погодных условий в период укоренения регенерационная активность колебалась в значительных пределах: от 4-8 % до 50-60 %.

Готовность побегов к черенкованию устанавливается по внешним признакам. Для побегов в слабодревесневшем состоянии (оптимальный срок заготовки черенков) – это светло-зеленая окраска и лишь при основании слабо-желтая. Боковые почки должны быть развиты на всем побеге, на верхней

части они бледно-бурые и более крупные; хвоя на верхушке начинает немного расходиться в стороны от оси побега; верхушечная почка явно заметна.

Черенки лиственницы укореняют при температуре воздуха от 22 до 27°C при умеренном увлажнении (относительная влажность воздуха 60-70 %) в надземных парниках с торфо-песчаным субстратом. Размер черенков 8-12 см. Глубина посадки 2-3 см.

В качестве стимуляторов корнеобразования целесообразно использовать люпон, хлорлюпон, ПАБК, НММ, ДАБ, обеспечивающие в 1,5-2 раза лучшую укореняемость по сравнению с ИУК (20%).

Для лиственницы применяют концентрации люпона, хлорлюпона 0,01 % (100 мг/л), ПАБК – 0,07 %, НММ – 0,005 %, ДАБ – 0,01 % и ИУК – 0,015 %. Экспозиция – 18-24 часа. Водные растворы малостойки, особенно на свету. Поэтому их готовят непосредственно перед употреблением и используют не более двух раз. Температура раствора поддерживается на уровне 18-23°C.

Даже при высоком проценте укоренения черенки не всегда можно высаживать в открытый грунт в год черенкования. В течение первой зимы возможна перезимовка в парниках с утеплением на зиму древесными опилками. При весенней пересадке укорененные черенки заглубляются на 3-4 см.

Укорененные черенки по своим морфологическим признакам и общему габитусу мало отличаются от семенных растений того же возраста. По легкости укореняемости лиственницы можно расположить в таком порядке: даурская, приморская, ольгинская, польская, охотская, европейская, японская, западная и сибирская.

Декоративные виды и формы хвойных. Испытываемые виды и формы хвойных обладают биологической разнокачественностью, разными экологическими требованиями и проявляют неодинаковую способность к укоренению (Pérez-Luna, 2020).

Ель колючая ф. голубая. Для заготовки черенков можно использовать маточные плантации до 10-летнего и более старшего возраста. Предпочтение нужно отдавать молодым маточникам, укореняемость черенков с которых составляет 60-64 %.

Оптимальными сроками заготовки зимних черенков являются фазы зимнего покоя (март) и начала набухания (пробуждения почек). Запоздание в сроках заготовки черенков для данной породы недопустимо.

Используют на черенки побеги текущего прироста с «пяточкой» двухлетней древесины. Заготавливают их длиной 7-9 см. Возможно укоренение летними черенками, но процесс укоренения в этом случае протекает в течение двух вегетационных периодов и число укоренившихся экземпляров не превышает 30-33 %.

В сооружениях (надземных парниках и теплице с полиэтиленовым покрытием) поддерживают относительную влажность воздуха – 76-80%, температуру воздуха – 25-27°C и торфяного субстрата – 20-25°C. Глубина посадки – 1-2 см.

По мере укоренения черенков частота поливов сокращается. За работой установки туманообразного орошения должно быть постоянное наблюдение, т. к. даже небольшой перерыв в ее работе может привести к гибели высаженных черенков.

Для повышения укореняемости, обеспечения роста и развития побегов и корневой системы черенки обрабатывают водными растворами ИУК 0,02 %-ной концентрации, а-ацето- v-метил- v-бутиролактона (люпон), а-ацето-β-пропокси-γ-валеролактона (РВУ-9) с концентрацией 100 мг/л и экспозицией 24 часа.

Укорененные черенки на второй год остаются в культивационных сооружениях под полиэтиленовым покрытием до конца июля с поддержанием режима полива, как и в первый год укоренения. В конце июля снимают полиэтиленовую пленку и поливают 2-3 раза в день до конца августа. На вторую зиму черенки оставляют под естественным снежным покровом. После двухлетнего содержания черенковые саженцы высаживают в уплотненную школу доращивания, где приживаемость и сохранность колеблется от 50 до 90 %. Отрицательно сказывается на приживаемости укоренных черенков подрезка (укорачивание корней).

Туи, можжевельники. Черенки туи, можжевельников заготавливают из однолетних одревесневших боковых побегов с верхушечной почкой путем «отдира с пяткой».

Заготовку однолетних побегов производят ранней весной, осенью или зимой острым ножом, делая срезы как можно ближе к основанию побега.

Можжевельник можно размножать небольшими ветками (длиной 18-20 см) с полуодревесневшими тканями. Хвою с нижнего конца черенка удаляют настолько, чтобы освободить часть нужную для помещения его в субстрат. Глубина посадки черенков 2-3 см.

В этой группе растений лучше укореняются черенки с многолетней корой, которая у них служит как бы резервуаром накопления ауксинов. Заметные количества последних накапливаются и в древесине между годичными кольцами.

Тую западную, можжевельники укореняют при больших диапазонах температуры и умеренном увлажнении. В пленочных покрытиях разного типа при ежедневном 5-8 кратном поливе в период корнеобразования.

Из регуляторов роста используется ИУК, при концентрации 0,01 % и экспозиции 18-24 часа, повышающая укореняемость черенков на 10-20% по сравнению с контролем (50-60 %).

Разведение можжевельника черенками даст значительно больший эффект, чем семенное размножение, т. к. он развивается при этом в 2-3 раза быстрее и любой укорененный черенок вырастает в красивое пирамидальное дерево, что имеет значение для декоративного садоводства.

Укоренившиеся черенки можжевельника, взятые с осевого и бокового материнских растений, при дальнейшем росте в значительной степени сохраняют ветвление побегов, с которых они взяты. Так, если черенки срезаны с нижних боковых ветвей, то при дальнейшем росте они приобретают стелющуюся форму.

Среди различных видов и форм можжевельника наиболее успешным укоренением отличается можжевельник казацкий – 70-90%, тамариксовидный и кипарисолистный – укореняемость от 30 до 50%. Черенки можжевельника виргинского колоновидного укореняются слабо (около 25%). Укореняемость черенков туи западной ф. золотистой после обработки ИУК достигает 85-90%.

Наиболее распространенным способом вегетативного размножения является прививка, недостатками которого в засушливых условиях являются отторжение привоя и отмирание. Это характерно, в частности, для псевдотсуги. Для лиственницы несовместимость прививочных компонентов не представляет серьезной проблемы (Schmid, 2014).

Размножение черенками могло бы значительно облегчить решение проблемы создания семенных плантаций. Повышение эффективности их возможно закладкой плантаций из укорененных черенков хорошо плодоносящих клонов и использованием клоновых подвоев, стимулирующих плодоношение привоев.

Третий путь использования черенкования в интродукции – вегетативное размножение ценных декоративных видов. В отличие от семенного, при вегетативном размножении наследственные особенности маточных деревьев сохраняются полностью. Кроме того, некоторые декоративные формы отличаются стерильностью или слабым и редким плодоношением, и черенкование является наиболее простым способом их размножения. Результаты научно-экспериментальных исследований явились основой для разработки рекомендаций по технологии укоренения черенков лжетсуги Мензиеса, лиственницы, декоративных видов и форм хвойных (Тоса, 2019; Torchik, 2010).

Для размножения интродуцированных растений методом черенкования организуются отделение черенкования, в состав которого входят маточные плантации, сооружения с туманообразным орошением и школа доращивания укорененных черенков.

Маточные плантации. Закладка маточных плантаций производится раньше или одновременно с организацией работ по выращиванию черенковых саженцев.

Площадь плантации и количество маточных растений определяют, исходя из потребности в черенках. С одного маточного растения можно получать (в зависимости от возраста, вида и формы растений) по 20-50 черенков ежегодно.

Маточные плантации закладывают здоровым материалом 2-3 летнего возраста (саженцы, выращенные из укорененных черенков или привитые).

Для быстрого смыкания крон и снижения затрат по уходу за плантациями принимают размещение посадочных мест (в зависимости от породы) через 0,5-1,5 м ряду и 2,5-3,0 м между рядами. С 1 га такой плантации через 3 года можно получать до 200-300 тыс. черенков.

Маточные плантации ели колючей ф. голубой, лжетсуги Мензиеса и лиственницы целесообразно эксплуатировать до 10-летнего возраста, а в случае необходимости, – до 20-летнего возраста. Черенки

туи, можжевельников заготавливают из 1-летних одревесневших боковых побегов 7-12-летних маточных растений.

Участок для укоренения черенков в условиях искусственного тумана должен быть защищен от ветров. С целью создания наиболее благоприятных экологических условий для укоренения используют надземные парники и полиэтиленовые теплицы с автоматическим туманообразным поливом.

Все культивационные сооружения должны быть обеспечены хорошим дренажом, для этого используют керамзит, щебень, битый кирпич, гравий слоем 5-10 см. на дренажный слой насыпают 10-ти сантиметровый слой супесчаной почвы, а сверху – рекомендуемый для определенного вида растений субстрат слоем до 5 см.

Оптимальные экологические условия для укоренения создаются при относительной влажности воздуха 70-80 %, температуре воздуха 22-27°C, субстрата – 22-25°C. Лучшие результаты укоренения черенков лиственницы получают в более дренированных надземных с торфо-песчаным субстратом.

Для лжетсуги Мензиеса используются надземные парники с промытым речным песком. Черенки туи, можжевельников укореняют в теплицах с полиэтиленовым покрытием на торфо-песчаном субстрате. Полив осуществляется туманообразующей установкой, состоящей из насосно-силового оборудования, водоподающей и водораспределительной систем, распыляющих устройств, электрооборудования и автоматики для управления работой установки.

Для улучшения корнеобразования у стеблевых черенков применяют стимуляторы, как в чистом виде, так и в различных комбинациях. Предпосадочную обработку черенков осуществляют водными растворами стимуляторов низких концентраций. Черенки погружают в них на глубину 2-4 см так, чтобы срезанные поверхности черенков находились на одном уровне с целью обеспечения равномерности и эффективности обработки.

Школа доращивания. Эффективность черенкования определяется успешным ростом укорененных черенков в школе доращивания, которая размещается вблизи культивационных сооружений.

Посадку укоренных черенков проводят по уплотненной схеме с размещением 10-15 см в ряду и 20-70 см между рядами, что составляет 10-35 растений на 1 м².

Лучшие результаты дает весенняя пересадка укоренных черенков сосны и лиственницы после годичного пребывания их в местах укоренения; псевдотсуги – пересадка только что укоренившихся черенков в полиэтиленовые цилиндры.

Укоренные черенки ели колючей, туи, можжевельников успешно переносят перезимовку в местах укоренения и доращиваются в течение года без пересадки. После массового укоренения таких черенков режим работы установки меняют: уменьшают число поливов, удлиняют интервалы между включениями. Со второй половины сентября пленку с теплицы снимают, чтобы обеспечить закалку черенков (рекомендуется для условий Нижнего Поволжья). Уход за доращиваемыми черенками заключается в систематических прополках, рыхлении, ежедневных поливах.

Самым надежным способом при мобилизации биологического потенциала интродуцентов для лесомелиоративных целей является посев семян. Мобилизация растений, осуществляемая путем посева семян, позволяет более успешно управлять генеративным развитием, активизировать селекционные процессы и подбор ассортимента.

Способ мобилизации, так же, как и источник получения растений для интродукции, позволяет судить о генетической природе привлекаемого материала и правильно подходить к оценке характера наблюдаемых изменений интродуцентов (Wendling, 2014; Winkelmann, 2013).

Отобранные маточные особи хвойных таксонов, которые при первичной интродукции имели лучшие показатели роста были переданы в специализированные маточные плантации, у которых потомство проверено на устойчивость в новых условиях выращивания. В дальнейшем эти растения, отобранные по признакам плодоношения, служат основным источником семенной репродукции (рисунки 4).



Рисунок 4. Сбор шишек с маточных растений

Посевы в 1-й год выращивания проводились под временным полиэтиленовым покрытием: покрытие каркаса пленкой – 15.IV, снятие пленки – 17.V. Для качественного орошения посевов в межстрочное пространство укладывается капельная линия типа "зеленая река" с диаметром трубки 16 мм, толщина стенки 14 mils, водовылив 2,2 л/час, шаг капли 30 см, давление более 0,8 bar (рисунок 5).





Рисунок 5. Посевное отделение хвойных таксонов (Нижневолжская станция по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН)

При выращивании сеянцев хвойных растений в качестве органического удобрения наиболее эффективно применять перегной внесением весной под основную подготовку почвы с нормой 3 кг/м² почвы; фосфор вносится под основную подготовку почвы с нормой 5 г д. в./м² площади; азот – двукратными подкормками по 2 г д. в./м²; первая – через две недели после появления всходов, вторая – через месяц после первой.

Температура воздуха в пленочных укрытиях в ранневесенний период в вечерние, ночные и ранние утренние часы температура в теплице выше, чем на открытом участке, а с 7 до 17 часов, наоборот, ниже, оптимальными следует считать температуру воздуха 22-24°C и на поверхности почвы 20-24°C (рисунок 6).

Среднесуточная относительная влажность воздуха, в течение всего периода укрытия, была заметно выше под пленкой, достигая максимума (98%) в ночные часы и минимума (52 %) в жаркие дневные часы. Разница во влажности почвы достигает 10%. В более глубоких слоях (20-45 см) влажность почвы, по сравнению с открытым грунтом, увеличивается незначительно (на 3-7 %).

С третьей декады апреля наблюдается уменьшение запасов влаги: в открытом грунте – за счет интенсивного испарения значительно быстрее, в пленочном укрытии с середины мая запас влаги в почве стабилизируется и дальнейшее уменьшение отмечается в конце мая после снятия пленки.

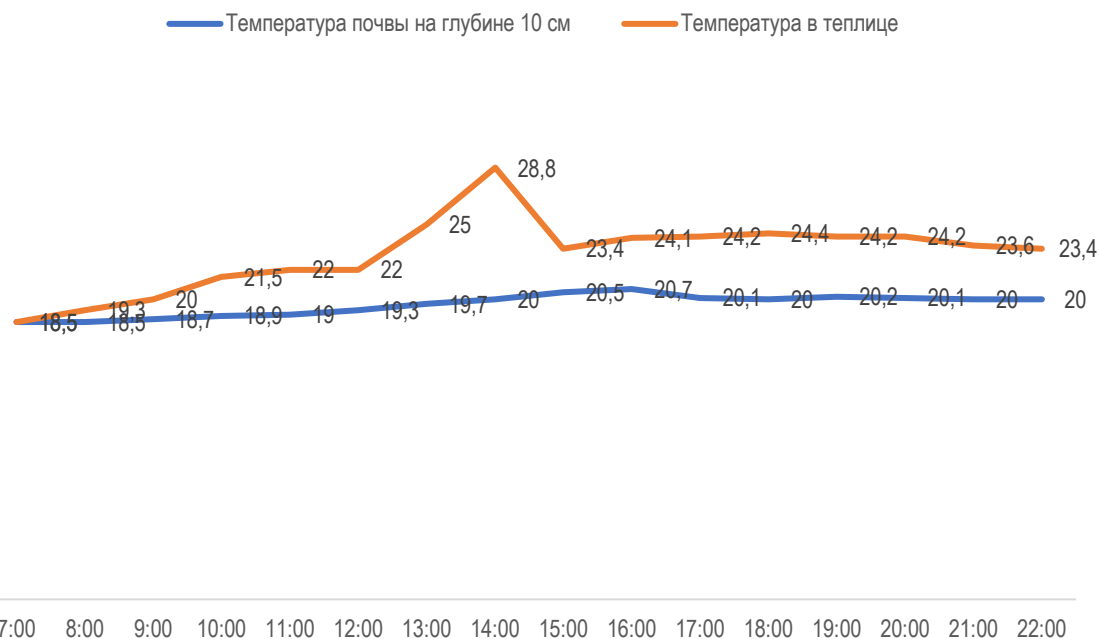


Рисунок 6. Суточный ход температуры почвы на глубине 10 см

Микроклимат пленочного укрытия является мощным фактором регулирования процесса выращивания посадочного материала. Увеличение суммы эффективных температур в начальный период вегетации, высокая относительная влажность воздуха и почвы активизируют рост семян лиственницы.

При внесении микоризной почвы под посевы при повторном выращивании семян лиственницы на той же площади микоризная грибница распространяется самими корнями растений, почвы накапливают высоковирулентную грибницу, обеспечивая успешный рост семян. Главная причина гибели немикоризных семян на каштановых степных почвах – физиологическая изоляция их корня от почвы (таблица 10).

Таблица 10. Показатели роста семян лиственницы

Вариант опыта	Средняя высота, см	Средний диаметр корневой шейки, мм	Абсолютно сухая масса 10 шт., г			
			стебель	корень	всего	
Временное пленочное укрытие						
	47	14,3	4,0	4,7	2,4	7,1
Открытый грунт						
	17	3,6	-	0,6	0,5	1,1
НСР _{0,95}	2,2	0,4				
P, %	3,4	2,8				

Сплошное внесение микоризной почвы под посевы увеличило рост семян в высоту в 1,1-1,5 раза и в 1,5 -2,0 раза повысило их выход с погонного метра строчки, а также значительно уменьшило полегание и отпад семян, повысило устойчивость к фузариозу. В варианте сплошного покрытия почвы микоризной землей число микоризных семян составило 32 %. В варианте без внесения микоризной почвы встречались единичные семена, имеющие на корнях микоризу, масса корней варианта со сплошным внесением микоризы достоверно превышает контроль в 1,6-1,8 раза. С формированием микоризы на поверхности корневой системы возрастает физиологическая активность корня, устанавливается контакт корня с почвой через грибной мицелий.

Результаты опытов по усовершенствованию методов эффективного размножения хвойных древесных видов семейств *Pinaceae*, *Cupressaceae* с целью сохранения и рационального использования в Нижнем Поволжье показывают, что в равных условиях проявляется различная энергия роста растений (таблица 11, рисунок 7).

Таблица 11. Показатели роста сеянцев хвойных растений с использованием временного пленочного покрытия

Вид	Возраст, лет	Высота, см	Диаметр, мм	Выход сеянцев, тыс. шт./га
<i>Picea pungens f. glauca</i>	1	8,7 ± 0,3	2,0	2780
	2	18,6 ± 0,4	4,3	2670
<i>Pseudotsuga menziesii, форма</i>	1	7,6 ± 0,2	2,0	2700
	2	15,7 ± 0,4	3,8	
<i>Larix sibirica, клон</i>	1	15,1 ± 0,3	4,0	2670
<i>Thuja occidentalis, var</i>	1	12,3 ± 0,2	1,2	1960

В однолетнем возрасте стандартных размеров по высоте (более 10 см) достигает лишь *Larix sibirica*, в возрасте двух лет – до 30 см.



2-летнее



1-летнее

Рисунок 7. *Larix sibirica* 2-летняя (10.06.2019)

Pseudotsuga menziesii и *Picea pungens* по росту в высоту достигают стандартных размеров на 2-й год выращивания, причем ель в 1-й год роста превышает *Pseudotsuga menziesii*, на 2-й год высоты несколько выравниваются (рисунок 8).



Ель колючая (10.06.2019, посев 29.05.2019)



Ель колючая (18.09.2019, посев 29.05.2019)



Ель колючая форма голубая (10.06.2019, посев 29.05.2019)





Ель колючая, 2-летка (18.09.2016, посев 27.05.2018)





2-летние сеянцы ели колючей (10.06.2019)



Сеянцы лжетсуги 3-летние (10.06.2019)





Можжевельник виргинский, 10.06.2019 (осенний посев, октябрь 2018 г.)

Рисунок 8. Развитие сеянцев

Установлены особенности семенного размножения формового разнообразия *Pseudotsuga menziesii* (зеленая – *var. viridis*, сизая – *var. glauca*, серая – *var. caesia*) с целью создания фонда посадочного материала в условиях сухой степи. Разработка эффективной технологии семенного размножения *Pseudotsuga menziesii* является важнейшей частью ее интродукции в сухую степь Нижнего Поволжья.

В 2018 г. с маточных деревьев были собраны шишки. Полнозернистость семян – 61,8-65,7%, всхожесть – 95,1-97,6%. Подготовка семян – снегование. Посев – наклюнувшимися семенами в последней декаде апреля во временное плёночное укрытие и в открытый грунт (схема посева 5-строчная: 30–5–15–5–15–5–15–5–15–5–30; ширина межленточного пространства – 30 см, ширина строчки – 5 см, межстрочное расстояние – 15 см). Размещение на 1 га – 34480 пог. м посевной строчки.

Установлено, что у однолетних сеянцев *P. menziesii*, выращенных с применением временных плёночных укрытий – высота 8,0-8,6 см, она превышает в 1,4 раза вариант с открытым грунтом. Высота сеянцев в вариантах 3 и 4 г под временным плёночным укрытием достоверно превышает вариант с нормой высева 2 г (таблица 12).

Таблица 12. Влияние норм высева на размеры, массу и выход сеянцев

Вариант опыта	Размеры сеянцев		Абсолютно сухая масса 100 шт. сеянцев, г			Выход сеянцев	
	высота, см	диаметр корневой шейки, мм	надземная часть	корни	итого	с 1 пог. м строчки, шт.	тыс.шт./га
Временное пленочное укрытие							
2 г	8,0±0,1	1,6	2,7	5,3	30,0	58	2010
3 г	8,6±0,2	2,0	31,7	6,7	38,4	87	3015
4 г	8,4±0,1	1,1	21,0	6,3	27,3	41	1425
Открытый грунт							
2 г	5,7±0,1	1,0	13,3	3,3	16,6	68	2345
3 г	6,1±0,2	1,2	13,3	5,0	18,3	80	2760
4 г	6,0±0,2	1,0	12,3	4,7	17,0	95	3270

Выделен лучший вариант выращивания сеянцев во временных плёночных укрытиях с нормой высева 3 г/пог. м строчки. Применение полимерного материала «Санбелт» увеличивает абсолютно сухую массу надземной и корневой части сеянца, в сравнении с контролем в 1,9-2,0 раза. На выход посадочного материала применение полимера «Санбелт» не оказывает существенного влияния. Варианты под временным плёночным укрытием в сравнении с открытым грунтом также отличаются ускоренным ростом, развитием и выходом сеянцев с единицы площади, превышающим контроль на 10 %.

Органическое удобрение «Бишаль» не способствует накоплению большей биологической массы сеянца. По вариантам «перегной», «NPK+перегной» под временными плёночными укрытиями и в открытом грунте отмечается положительное влияние внесения удобрений на накопление биомассы растения. Обработка семян препаратом «Бишаль» способствует сохранности растений и увеличению выхода сеянцев с единицы площади на 17% в плёночном укрытии, на 24% и достигает в лучших вариантах опыта выхода 3517 тыс. шт./га.

Получены новые экспериментальные материалы по вегетативному размножению разновидностей *P. menziesii* с целью полной передачи наследственных декоративных признаков от материнского растения потомству. Наиболее эффективный и менее трудоемкий способ одревесневшими черенками (таблица 13).

Таблица 13. Результаты укоренения и биометрические показатели укорененных черенков

Вид, форма	% укоренения	Средняя		Высота однолетних укорененных
		длина корневой	количество корней 1-го	

		системы, см	порядка, шт.	черенков, см
<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i>	81,4	13,6±0,62	8	15,1±0,47
var. <i>glauca</i>	62,3	8,3±0,37	9	16,4±0,41
var. <i>caesia</i>	53,7	8,0±0,35	7	15,2±0,43

Для черенкования использовали стационарные парники с рамами с полиэтиленовым покрытием. Субстрат – смесь торфа с песком (1:1). Схема посадки 5-7 см в ряду и 10 см между рядами. Непременная мера ухода – ежедневное многократное опрыскивание.

Материалом для черенкования служили однолетние побеги с «пяточкой», взятые с молодых саженцев в древесной школе питомника. Лучшие результаты получены при посадке черенков сроки до 15 апреля. Длина черенка 6-8 см; нижняя часть на 2-3 см освобождается от хвои. С двух сторон вдоль нижней части черенка проводили царапание коры с последующим опудриванием корневином. Черенки заглубляли нижним концом в субстрат на глубину 2-3 см. Процесс укоренения составил 70-80 дней, позже зафиксирован верхушечный прирост; за один год растение достигает высоты 13-17 см.

Таким образом, для хвойных таксонов основой выращивания селекционного посадочного материала являются временные на ранневесенний срок 1.5-2 месяца пленочные укрытия, микоризация почвы, внесение перегноя и внекорневые азотно-фосфорные подкормки, капельный полив. Комплекс этих мероприятий обеспечивает выращивание стандартного посадочного материала за один вегетационный период. Этот важный технологический прием в 2,8 раза увеличивает выход сеянцев с единицы площади, 87 % сеянцев достигают стандартных размеров, в 6 раз увеличивается абсолютно сухая масса сеянца.

Заключение

Научные исследования базируются на многолетнем эколого-экспериментальном мониторинге по интродукции, селекции, сортоводству и питомниководству древесных видов в засушливых условиях с использованием биологического потенциала генофонда ФНЦ агроэкологии РАН. Они показали преимущества применения для формирования долговечных лесомелиоративных комплексов биоразнообразия адаптированных древесных растений, что способствует обеспечению экологической, социальной и экономической стабильности агро- и урболандшафтов засушливой зоны.

Установлено, что элементы семенной продуктивности хвойных таксонов обосновываются экологическими параметрами и возможностью эффективного местного семеноводства с позиций засушливости региона по агроклиматическим характеристикам: сумме температур (активных) выше +10, +15°C, световому режиму, обеспеченности влагой в период цветения и созревания семян. Выявлены возможности их дальнейшего семенного размножения.

По предварительным расчетам в 2021 году для целей лесовосстановления в Волгоградской области потребуется около 5,8 млн. шт. сеянцев, из них хвойных пород – 2,5 млн. шт. Для успешности внедрения хвойных пород проведена серия опытов по усовершенствованию технологии выращивания сеянцев и их качественной оценке. При посеве *Larix sibirica*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja occidentalis*, *Picea* использовали семена собственного сбора местной репродукции.

Микроклимат пленочного укрытия является мощным фактором регулирования процесса выращивания посадочного материала. Увеличение суммы эффективных температур в начальный период вегетации, высокая относительная влажность воздуха и почвы активизируют рост сеянцев лиственницы.

При внесении микоризной почвы под посевы при повторном выращивании сеянцев лиственницы на той же площади микоризная грибница распространяется самими корнями растений, почвы накапливают высоковирулентную грибницу, обеспечивая успешный рост сеянцев. Главная причина гибели немикоризных сеянцев на каштановых степных почвах – физиологическая изоляция их корня от почвы.

Для хвойных таксонов основой выращивания селекционного посадочного материала являются временные на ранневесенний срок 1,5-2 месяца пленочные укрытия, микоризация почвы, внесение перегноя и внекорневые азотно-фосфорные подкормки, капельный полив. Комплекс этих мероприятий

обеспечивает выращивание стандартного посадочного материала за один вегетационный период. Этот важный технологический прием в 2,8 раза увеличивает выход сеянцев с единицы площади, 87 % сеянцев достигают стандартных размеров, в 6 раз увеличивается абсолютно сухая масса сеянца.

Выделен лучший вариант выращивания сеянцев во временных плёночных укрытиях с нормой высева 3 г/пог. м строчки. Применение полимерного материала «Санбелт» увеличивает абсолютно сухую массу надземной и корневой части сеянца, в сравнении с контролем в 1,9-2,0 раза. На выход посадочного материала применение полимера «Санбелт» не оказывает существенного влияния. Варианты под временным плёночным укрытием в сравнении с открытым грунтом также отличаются ускоренным ростом, развитием и выходом сеянцев с единицы площади, превышающим контроль на 10 %.

Результаты опытов по усовершенствованию методов эффективного размножения хвойных древесных видов семейств *Pinaceae*, *Cupressaceae* с целью сохранения и рационального использования в Нижнем Поволжье показывают, что в равных условиях проявляется различная энергия роста растений.

За Нижневолжской станцией по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН закреплено 9 земельных участков, площадью 663,82 га, из них сельхозугодий 661,29 га, в т.ч. пашни 112 га. На декабрь 2019 г. объем реализации посадочного материала хвойных и лиственных растений, выращенных на питомнике станции, составил 6,77 млн. рублей.

Повышение производственной мощности питомников достигается как за счет реконструкции существующей инфраструктуры, так и на основе совершенствования научных технологий при создании семенных участков, школ саженцев для производства крупномерного селекционного посадочного материала (ель, можжевельник и др.).

Необходима активизация исследований по разработке научных основ сохранения, восстановления и непрерывного использования дендроресурсов и ценного генофонда. Около 1/3 площадей требуют проведение мероприятий по реконструкции дендрологических коллекций, семенных плантаций и лесных культур в связи с возрастными изменениями.

Разработаны предложения по развитию объекта – обновление производственной инфраструктуры станции, в т.ч. реконструкция питомника с целью формирования фонда посадочного материала для воспроизводства и использования коллекций биоресурсов деревьев и кустарников многоцелевого назначения.

Список литературы

1. Andivia, E., Zuccarini, P., Grau, B., de Herralde, F., Villar-Salvador, P., & Savé, R. (2019). Rooting big and deep rapidly: the ecological roots of pine species distribution in southern Europe. *Trees - Structure and Function*, 33(1), 293–303. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1777-x>
2. Brodribb, T. J., McAdam, S. A. M., Jordan, G. J., & Martins, S. C. V. (2014). Conifer species adapt to low-rainfall climates by following one of two divergent pathways. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(40), 14489–14493. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407930111>
3. Brodribb, T. J., Pittermann, J., & Coomes, D. A. (2012). Elegance versus speed: Examining the competition between conifer and angiosperm trees. *International Journal of Plant Sciences*, 173(6), 673–694. <https://doi.org/10.1086/666005>
4. Donohue, K., Rubio De Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., & Willis, C. G. (2010). Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41, 293–319. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715>
5. Liu, Y., & El-Kassaby, Y. A. (2020). Ecological drivers of plant life-history traits: Assessment of seed mass and germination variation using climate cues and nitrogen resources in conifers. *Ecological Indicators*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106517>
6. Pérez-Luna, A., Wehenkel, C., Prieto-Ruiz, J. Á., López-Upton, J., Solís-González, S., Chávez-Simental, J. A., & Hernández-Díaz, J. C. (2020). Grafting in conifers: A review. *Pakistan Journal of Botany*, 52(4), 1369–1378. [https://doi.org/10.30848/PJB2020-4\(10\)](https://doi.org/10.30848/PJB2020-4(10))
7. Schmid, M., Pautasso, M., & Holdenrieder, O. (2014). Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*, 133(1), 13–29. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0745-7>

8. Semenyutina, A. V, Podkovyrov, I. U., & Semenyutina, V. A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, 11(12S), 699–702.
9. Semenyutina, A. V, Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. S., Semenyutina, V. A., & Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110(2), 361–368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>
10. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
11. Toca, A., Oliet, J. A., Villar-Salvador, P., Martínez Catalán, R. A., & Jacobs, D. F. (2019). Ecologically distinct pine species show differential root development after outplanting in response to nursery nutrient cultivation. *Forest Ecology and Management*, 451. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117562>
12. Torchik, V. (2010). Evaluation of an assortment of ornamental forms of conifers in central botanical garden of belarus national academy of science. *Acta Horticulturae*, 885, 375–382.
13. Vanden-Broeck, A., Gruwez, R., Cox, K., Adriaenssens, S., Michalczyk, I. M., & Verheyen, K. (2011). Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: A case study for *Juniperus communis* in northwestern Europe. *BMC Genetics*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-73>
14. Wendling, I., Trueman, S. J., & Xavier, A. (2014). Maturation and related aspects in clonal forestry-Part I: Concepts, regulation and consequences of phase change. *New Forests*, 45(4), 449–471. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9421-0>
15. Winkelmann, T. (2013). Recent advances in propagation of woody plants. *Acta Horticulturae*, 990, 375–382. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.990.47>

Specifics of propagation of coniferous plants in nurseries of the federal research center of agroecology of the russian academy of sciences



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



Augusta A. Dolgih
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Russia, Volgograd
agloswnialmi@mail.ru
0000-0002-9707-0878



Maxim V. Tsoi
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Russia, Volgograd
3930788@mail.ru
0000-0003-2139-7919



Vasily V. Saprionov
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Russia, Volgograd
pitomnik-vnialmi@mail.ru
0000-0001-6945-0905

Received
12.11.2019

Accepted
4.052020

Published
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.2

Abstract

In connection with the implementation of the activities of the national projects "Science" and "Ecology", there are urgent issues of providing planting material for adapted wood types of reforestation in degraded areas of arid territories. The aim of the research is to develop promising technologies for breeding coniferous taxa for forest reclamation and landscaping, taking into account their reproductive characteristics in arid conditions.

Research objects: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.), *Virginia juniper* (*Juniperus virginiana* L.), *M. kazatsky* (*J. sabina* L.), *Western thuja* (*Thuja occidentalis* L.), *Eastern flatwort* (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), *prickly spruce* (*Picea pungens* Engelm f. *glauca* Beissn.) collections, nurseries, brooders of the Nizhnevolzhskaya station for the selection of tree species – branch of the Federal Scientific Centre of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (cadastre. № 34:36:000014:178).

Scientific research is aimed at solving theoretical and methodological issues of obtaining planting material from the adaptive generation of woody plants based on the study of their reproductive ability.

The qualitative and quantitative parameters of seed production and the influence of limiting environmental factors on the development of seeds were revealed. The features of seed reproduction of representatives of woody plants (coniferous taxa) and the technological aspects of vegetative propagation in a kennel Nizhnevolzhsky station on selection of tree species (Volgograd region, Kamyshin) and a set of activities to ensure the cultivation of standard planting material for one growing season. This important technological technique increases the yield of seedlings per unit area by 2.8 times, 87 % of seedlings reach standard sizes, and the absolutely dry weight of the seedling increases by 6 times.

The introduction of scientific developments was carried out at the production nurseries of the Nizhnevolzhskaya station for the selection of tree species. In 2019, seedlings and saplings were sold for the amount of 677,1024. 12 rubles.

Forecast proposals for the development of the facility are given – updating the production infrastructure of the station, including the reconstruction of the nursery in order to form a Fund of planting material for the reproduction and use of collections of bioresources of trees and shrubs for multi-purpose purposes.

Keywords

adaptation, dendroflora enrichment, tree seed science, *Pseudotsuga menziesii*, *Juniperus virginiana*, *sabina*, *Thuja occidentalis*, *Platycladus orientalis*, *Picea pungens*

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

Reference

1. Andivia, E., Zuccarini, P., Grau, B., de Herralde, F., Villar-Salvador, P., & Savé, R. (2019). Rooting big and deep rapidly: the ecological roots of pine species distribution in southern Europe. *Trees - Structure and Function*, *33*(1), 293–303. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1777-x>
2. Brodribb, T. J., McAdam, S. A. M., Jordan, G. J., & Martins, S. C. V. (2014). Conifer species adapt to low-rainfall climates by following one of two divergent pathways. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(40), 14489–14493. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407930111>
3. Brodribb, T. J., Pittermann, J., & Coomes, D. A. (2012). Elegance versus speed: Examining the competition between conifer and angiosperm trees. *International Journal of Plant Sciences*, *173*(6), 673–694. <https://doi.org/10.1086/666005>
4. Donohue, K., Rubio De Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., & Willis, C. G. (2010). Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *41*, 293–319. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715>
5. Liu, Y., & El-Kassaby, Y. A. (2020). Ecological drivers of plant life-history traits: Assessment of seed mass and germination variation using climate cues and nitrogen resources in conifers. *Ecological Indicators*, *117*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106517>

6. Pérez-Luna, A., Wehenkel, C., Prieto-Ruiz, J. Á., López-Upton, J., Solís-González, S., Chávez-Simental, J. A., & Hernández-Díaz, J. C. (2020). Grafting in conifers: A review. *Pakistan Journal of Botany*, *52*(4), 1369–1378. [https://doi.org/10.30848/PJB2020-4\(10\)](https://doi.org/10.30848/PJB2020-4(10))
7. Schmid, M., Pautasso, M., & Holdenrieder, O. (2014). Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*, *133*(1), 13–29. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0745-7>
8. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. U., & Semenyutina, V. A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, *11*(12S), 699–702.
9. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. S., Semenyutina, V. A., & Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, *110*(2), 361–368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>
10. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, *9*(10), 1415–1422.
11. Toca, A., Oliet, J. A., Villar-Salvador, P., Martínez Catalán, R. A., & Jacobs, D. F. (2019). Ecologically distinct pine species show differential root development after outplanting in response to nursery nutrient cultivation. *Forest Ecology and Management*, *451*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117562>
12. Torchik, V. (2010). Evaluation of an assortment of ornamental forms of conifers in central botanical garden of belarus national academy of science. *Acta Horticulturae*, *885*, 375–382.
13. Vanden-Broeck, A., Gruwez, R., Cox, K., Adriaenssens, S., Michalczyk, I. M., & Verheyen, K. (2011). Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: A case study for *Juniperus communis* in northwestern Europe. *BMC Genetics*, *12*. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-73>
14. Wendling, I., Trueman, S. J., & Xavier, A. (2014). Maturation and related aspects in clonal forestry-Part I: Concepts, regulation and consequences of phase change. *New Forests*, *45*(4), 449–471. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9421-0>
15. Winkelmann, T. (2013). Recent advances in propagation of woody plants. *Acta Horticulturae*, *990*, 375–382. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.990.47>

Селекционный потенциал древесных популяций для лесомелиоративных комплексов



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



Сергей Николаевич Крючков
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
kryuchkovs@vfanc.ru
0000-0001-8338-6460



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

Поступила в редакцию
22.01.2020

Принята
12.06.2020

Опубликована
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.3

Аннотация

Повышение устойчивости и долговечности защитных лесных насаждений возможно воздействием целого комплекса приемов и мероприятий по семеноведению, семеноводству, размножению и выращиванию селекционно улучшенного посадочного материала и оптимизации фитосанитарной обстановки. К каждому составляющему комплекса планируются принципиально новые подходы и пути решения.

О ценных свойствах популяций отобранного генофонда деревьев в аридных условиях (юг европейской территории России) можно судить по факту достижения ими предельного (50-70 лет) возраста при неоднократном воздействии жестких засух, сильных морозов, инвазий вредителей и болезней и др.

Объектами исследований являлись естественные и искусственные популяции *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D. Don, *P. nigra* Arnold, *P. banksiana* Lamb., *P. ponderosa* Dougl. на юге европейской территории России (Волгоградская, Астраханская области, Республика Калмыкия).

Исследования базируются на методологии включающей мониторинг, выявление критериев отбора с учетом комплексных исследований (засухо-, морозо-, солеустойчивость, устойчивость к вредителям и болезням).

Дана комплексная оценка различных экотипов *Quercus robur* L. по потомству (25-летние растения в клоновом архиве). В лесорастительных условиях региона исследований перспективными, по лесоводственным и биологическим показателям, показали себя популяции *Quercus robur* L. из следующих областей: Воронежская, Витебская, Белгородская. Приведены достоверные различия между экотипами, рекомендуемые для селекционного семеноводства. Выявлены различия между фенологическими формами по длительности ростовых процессов, ритмике развития, таксационным показателям.

Выявлены представители рода *Pinus* (*Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D. Don, *P. ponderosa* Dougl.) представляющие практический интерес для защитного лесоразведения в южных регионах. В России значительная часть (65%) искусственных насаждений представлена культурами *P. sylvestris* L. Из многообразия почвенных экотипов, для агролесомелиорации представляет интерес экотип, сформировавшийся на меловых обнажениях. В связи с чем он применяется в противоэрозионных насаждениях в Среднем и Нижнем Поволжье.

Некоторые характеристики урожая семян отдельных деревьев имели большие вариации и отличались низкими показателями вследствие исключительно засушливого периода наблюдений.

В результате инвентаризации естественных и искусственных насаждений изучены морфологические и структурные характеристики и выделены перспективные популяции для селекционных целей при создании агролесомелиоративных комплексов. Получены теоретические и экспериментальные материалы на уровне географической, экологической, локальной популяции и данные по комплексной устойчивости сортообразцов.

Ключевые слова

биоразнообразие, популяция, генофонд, критерии и методы отбора, деградация насаждений, лесомелиоративные комплексы, семеноведение

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

Введение

Многие исследователи рассматривают (Semenyutina, 2018) аридную зону России как продуктивный регион для древесных видов (включая кустарники многоцелевого назначения) с широким экологическим и эдафическим ареалом. Естественные насаждения юго-востока Нижнего Поволжья представлены генетически обедненными древостоями *Quercus robur* (Kruzhilin, 2018).

Материалы и методы исследования

Основой использования устойчивого потенциала древесных видов для защитного лесоразведения в аридной зоне является их внутривидовая и внутривидовая изменчивость (Kruzhilin, 2018; Korchagin, 2014). В отличие от классических методов отбора в селекционной работе, для лесомелиоративных целей используются параметры, характеризующие жизнеспособность выделенных по фенотипу маточных популяций и отдельных биотипов: их засухо-, соле- и морозоустойчивость, стойкость против вредителей и болезней (Agostinelli, 2018; Fallon, 2020).

Селекционная инвентаризация объектов ПЛСБ (учет сохранности, состояния, определение таксационных показателей, плодоношения, таблица 1, рисунок 1) проводится согласно Указаниям по лесному семеноводству РФ.

Таблица 1. Селекционные объекты

Объект (площадь, га)	Число
Дендрарий, коллекционные фонды (16,5; НК*), 35-70 лет	120 семей, 5 видов
Географические культуры (17,8; НК), 17-35 лет	26, 30 экотипов
Коллекция гибридов (4,2; НК), 54 года	16 гибридов
Плантации (25-летние):	
Популяционные (22,0; НСК**)	5 экотипов
Клоновые (14,0; НСК)	35 клонов
Семейственные (14,0; НСК)	50 семей

*НК – Нижневолжская станция по селекции древесных пород; **НСК – Новоаннинский семеноводческий комплекс

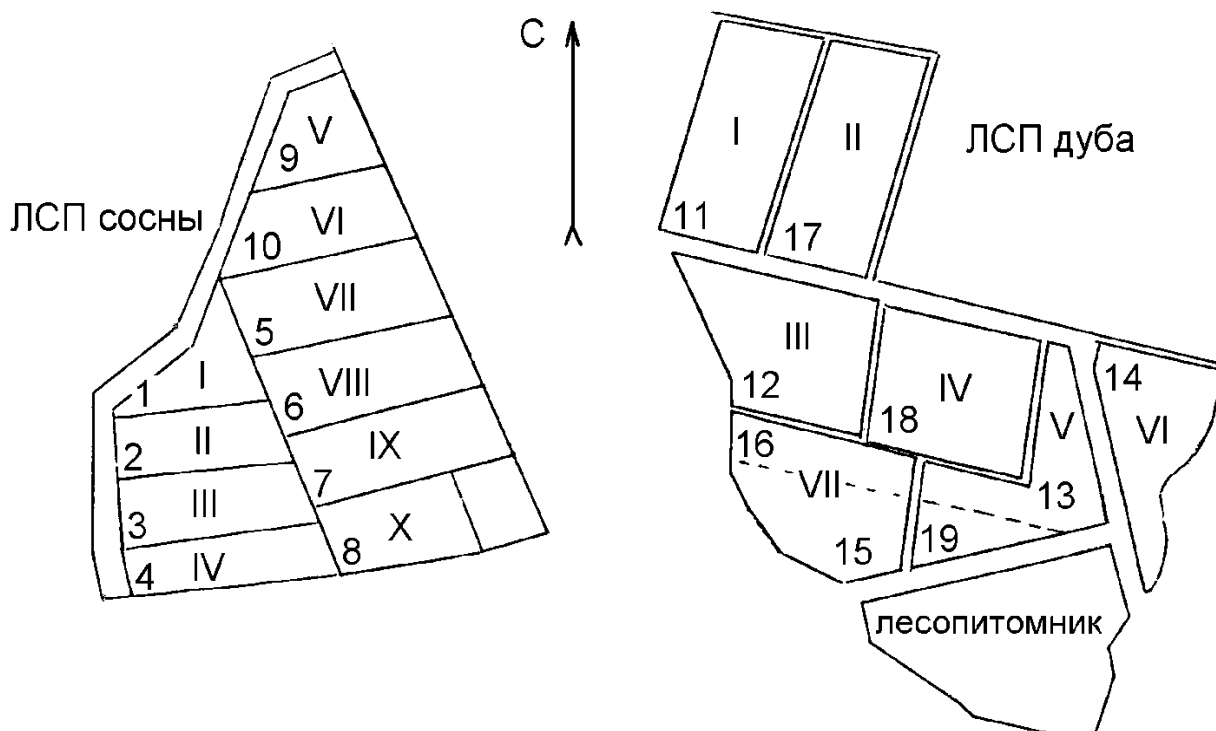




Рисунок 1. План лесосеменных объектов в Новоаннинском лесничестве. (1,2...20 - номера объектов; I, II ...X - номера полей)

Общие проблемы, которые возникают в условиях вне ареала произрастания вида, определяют специфичность селекции для определенного древесного вида (рисунок 2).

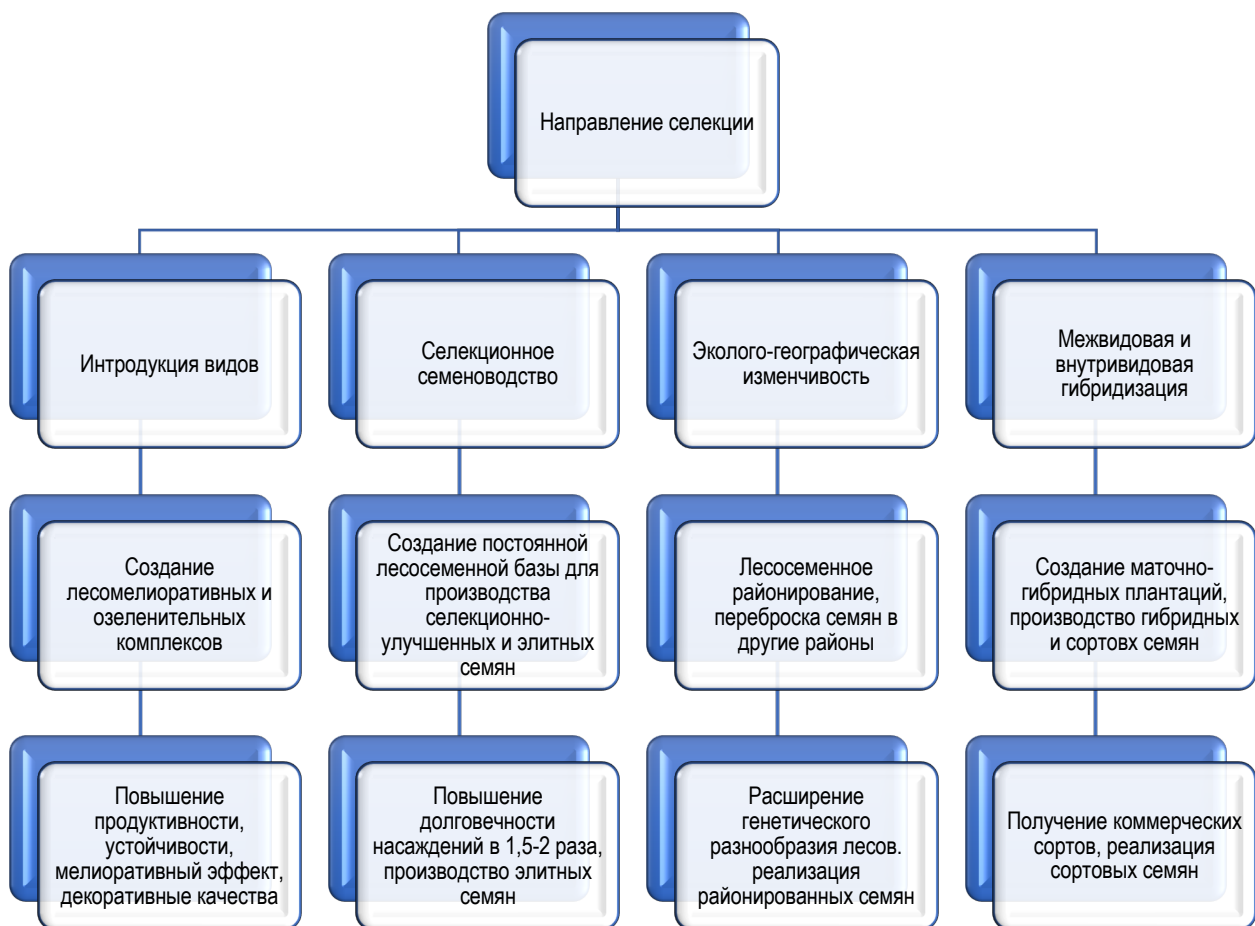
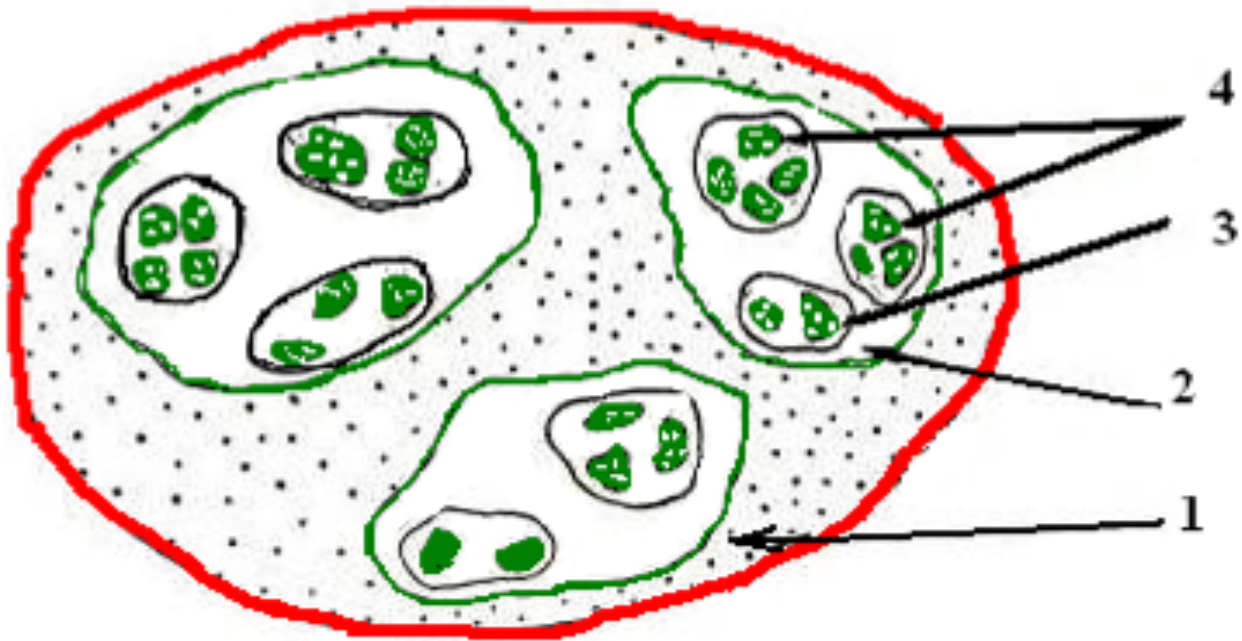


Рисунок 2. Эффективность селекционного семеноводства для защитного лесоразведения

Изучение наследования признаков родителей клонов и гибридов проводится: по показателям продуктивности (высота, диаметр, запас), морфологическим признакам, устойчивости к вредителям и неблагоприятным условиям среды. Достоверность среднеарифметических значений перечисленных выше признаков оценивается по критерию Стьюдента, при $P = 0,05$.

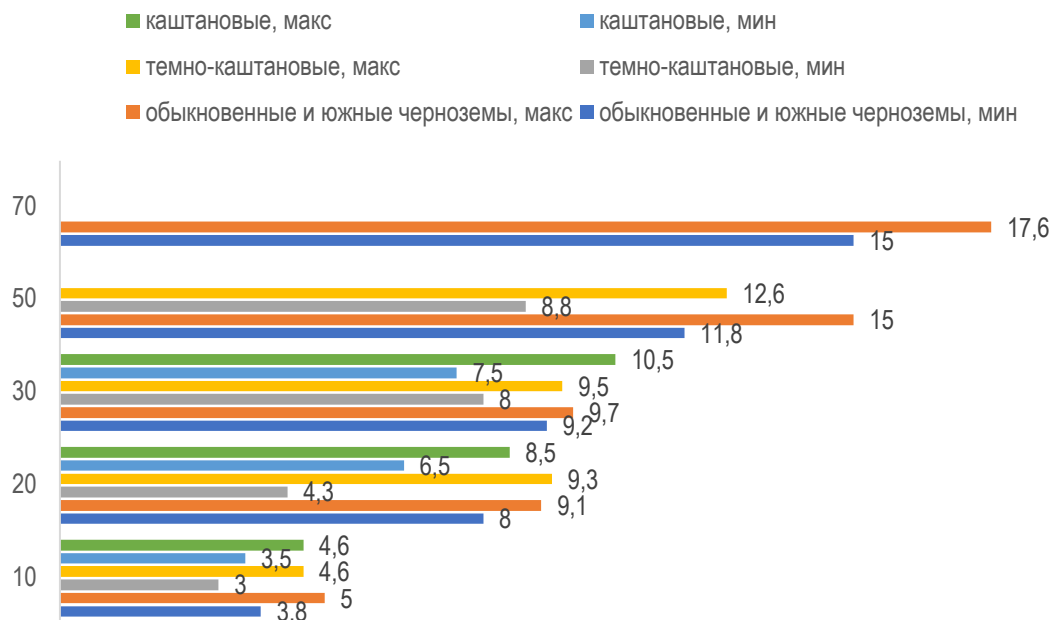
Результаты и обсуждение

В районе исследований *Quercus robur* представлен климатипом (расы: среднего Придонья (подзона черноземов), ергенинская (зона светло-каштановых почв юга Нижнего Поволжья, Ергеней). Ергенинская раса генетически связаны с популяциями *Quercus robur* на Кавказе (рисунок 3).



1 – ареал вида, 2 – географическая популяция, 3 – экологическая популяция, 4 – локальная популяция
Рисунок 3. Пространственные подразделения популяций

Некоторые авторы указывают, что *Quercus robur*, в зеленом Кольце (46°18'28'' с.ш., 44°15'20'' в.д., светло-каштановые почвы) в возрасте 7-8 лет зафиксировано пять приростов (1,2 м) за вегетационный период. В Волгоградском дендрарии зафиксировано – 2-3. В стадии плодоношения прирост у дуба постепенно замедлялся (рисунок 4).



Ряд 1 – высота в возрасте 10 лет, м, ряд 2 – 20 лет, ряд 3 – 30 лет, ряд 4 – 50 лет, ряд 5 – 70 лет; 1 – минимальная и 2 – максимальная высота (м) в условиях обыкновенных и южных черноземов; 3 – минимальная и 4 – максимальная высота (м) в условиях темно-каштановых почв; 5 – минимальная и 6 – максимальная высота (м) в условиях каштановых почв

Рисунок 4. Рост *Quercus robur* по высоте в степном Поволжье

Внешние условия в сухой степи становятся основной причиной затухания ростовых процессов у *Quercus* после 20 лет на плакорах. Дальнейшее удовлетворительное развитие (последующие 10-20 лет) вида возможно при наличии достаточных площадей питания и уходов.

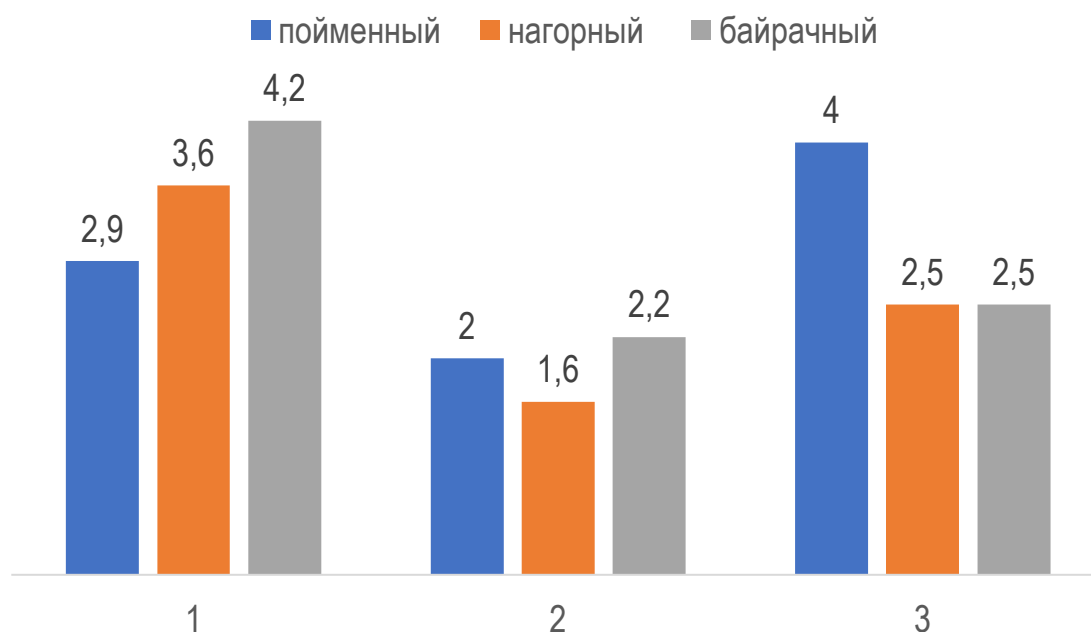
Наибольший прирост по высоте совпадает с максимальным приростом по диаметру, что связано с повышенной деятельностью камбия, которая стимулирует ростовые вещества, притекающие от растущей верхушки стебля. Продуктивность камбия в возрасте 20 лет у *Quercus* на черноземах – 4000-5000 см³/м²; в каштановой зоне до 7000 см³/м² в период максимального роста, при этом прирост по диаметру продолжается значительно дольше, чем рост в высоту. Установлено отношение высоты к диаметру 1:2 в черноземной степи в возрасте 40-50 лет. В лесной зоне это отношение равно 1:1.

Модели роста *Quercus* с учетом почвенно-климатических зон степного Поволжья (низкое количество осадков, повышенная испаряемость, усиление ветрового режима) показали скороспелый тип роста вида в степи до 20 лет. Нисходящая часть кривой роста укорочена с выраженной депрессией в конце второго десятилетия. В лесной зоне рост *Quercus* имеет вид параболы с кульминацией прироста после 30 лет. *Quercus robur* на южной границе ареала отличается по морфологическим признакам (таблица 2).

Таблица 2. Морфологические и структурные характеристики *Q. robur*

Показатели	Климатип, экотип, популяция	
	северный, нагорный	южный, байрачный
Размер листа (сред.), см	0,86×0,50	1,05×0,60
Длина черешка, см	0,05	0,08
Опушение листа, характер	рассеянные, простые волоски (или отсутствуют)	густые, звездчатые волоски по всей поверхности
С клиновидным основанием листа, %	2	38
Число рядов палисадной ткани	Один	два-три

Выявлены адаптивные признаки Ергенинской популяции, которые необходимо учитывать при отборе экотипов (рисунок 5, таблица 3).



1 – относительная засухоустойчивость при искусственной засухе, балл, 2 – относительная солеустойчивость при искусственном засолении Сl(0,1%), балл, 3 – степень поражения сосудистым микозом при искусственном инфицировании, балл

Рисунок 5. Оценка экотипов *Quercus robur*

Таблица 3. Оценка экотипов *Quercus robur* по потомству

Признаки у потомства различных экотипов	Экотипы дуба, популяции		
	пойменный	нагорный	байрачный
Высота, м (в возрасте 25 лет)	5,10±0,20	5,50±0,21	5,90±0,15
Диаметр, см (в возрасте 25 лет)	12,0±0,4	12,8±0,4	13,5±0,3
Высота 1-летних сеянцев при засухе, см	10,9±0,3	12,2±0,4	14,0±0,3
Высота 1-летних сеянцев при засолении, см	10,6±0,3	10,1±0,5	11,3±0,4

Поздние фенологические формы *Quercus robur* требуют большую сумму эффективных температур для распускания (рисунок 6).

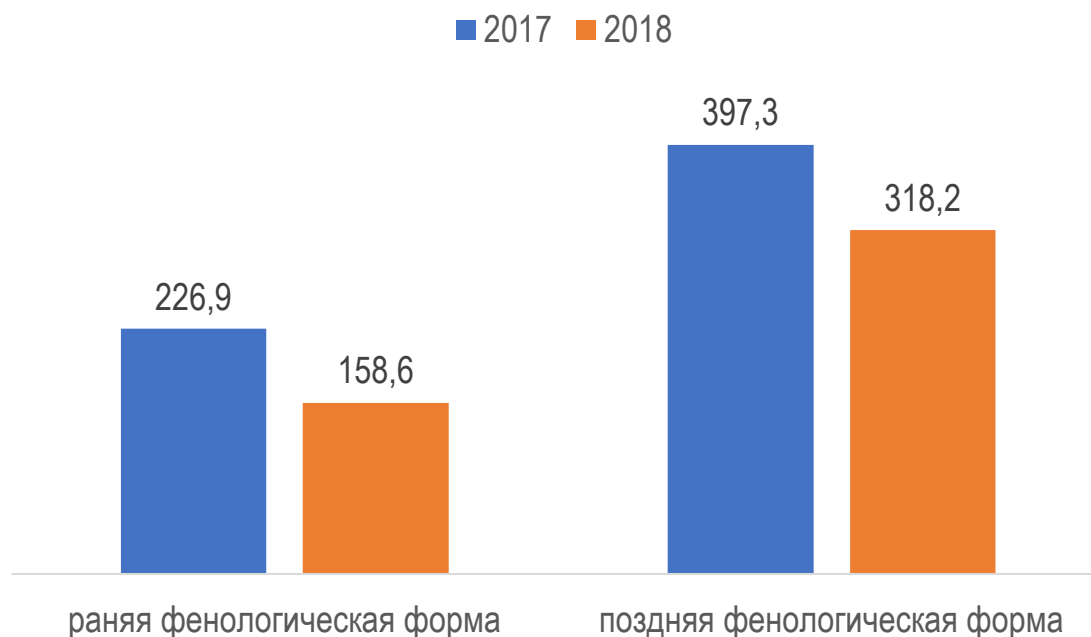


Рисунок 6. Различия фенологических форм *Quercus robur*

Продолжительность роста у фенологических форм различаются (таблица 4).

Таблица 4. Линейный рост побегов у разных фенологических форм *Quercus robur*

Год	Продолжительность роста побегов, дней		Средний прирост, см		Количество растений с двумя приростами, %	
	Р*	П**	Р*	П**	Р*	П**
2017	28	21	7,0	5,6	58	30
2018	29	23	8,4	6,5	62	24

*Р – ранняя, ** П – поздняя

В условиях экологического оптимума в степи и лесостепи отмечается явное преимущество позднораспускающейся разновидности. При выделении феноформ *Quercus robur* и их оценки для селекции и организации элитного семеноводства рекомендуем использовать опробованные нами методы диагностики хозяйственно ценных признаков (фенологических, таксационных, степени адаптации).

Опыт создания географических культур *Quercus robur* в Октябрьском лесничестве (Волгоградская обл., рисунок 7), показал, что по росту к 30-летнему возрасту лидировали представители Воронежского, Белгородского, Луганского происхождения. Растения *Quercus robur* Краснодарского, Дагестанского и Тульского происхождения погибли. Минимальный отпад – Воронежского, Витебского, Марийского, Луганского, Белгородского, Волгоградского климатипов.

Климатические экотипы *Quercus robur* проявили резкую дифференциацию по многим лесоводственным и биологическим показателям, важным для селекционного семеноводства в аридном регионе.

В лесорастительных условиях региона исследований перспективными, по лесоводственным и биологическим показателям, показали себя популяции *Quercus robur* L. из следующих областей: Воронежская, Витебская, Белгородская (рисунок 8).



Рисунок 7. Отобранные деревья *Quercus robur* (ф. позднораспускающаяся)



Рисунок 8. Географические культуры *Quercus robur* в самарском лесхозе

Представители рода *Pinus* (*Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D.Don, *P. ponderosa* Dougl.) представляют практический интерес для защитного лесоразведения в южных регионах. В России значительная часть (65%) искусственных насаждений представлена культурами *P. sylvestris* L. Из многообразия почвенных экотипов, для агролесомелиорации представляет интерес экотип, сформировавшийся на меловых обнажениях. В связи с чем он применяется в противозерозионных насаждениях в Среднем и Нижнем Поволжье.

В селекционном семеноводстве *Pinus* для защитного лесоразведения перспективна интродукция новых перспективных видов. Для этих целей большую ценность представляют 70-летние насаждения *Pinus*, выращенные в Камышинском дендрарии (*Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D.Don, *P. ponderosa* Dougl., *P. banksiana* Lamb. (рисунки 9, 10).



Рисунок 9. Насаждения *Pinus sylvestris* в возрасте 110 лет, (Нижеволжская станция по селекции древесных пород, г. Камышин)



Рисунок 10. Клоновая лесосеменная плантация сосны обыкновенной в Новоаннинском селекционно-семеноводческом комплексе, возраст 25 лет

Pinus pallasiana D.Don, *P. ponderosa* Dougl. перспективны для лесоразведения в экстремальных условиях сухой степи, мало повреждаются болезнями и вредителями (рисунок 11).



Рисунок 11. *Pinus ponderosa* Dougl. (возраст 40 лет; Нижневолжская станция по селекции древесных пород)

Семейственные лесосеменные плантации (год закладки 1985, площадь 5,0 га) в Новоаннинском лесничестве показали невысокую урожайность семян интродуцированных *Pinus* – 2-3 балла (рисунок 12).

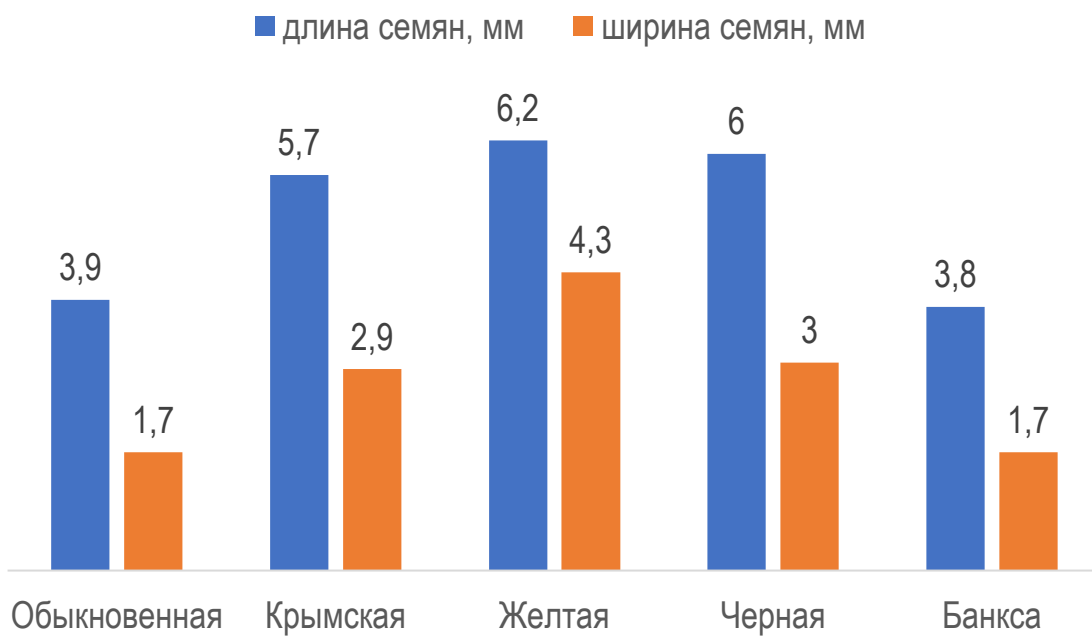
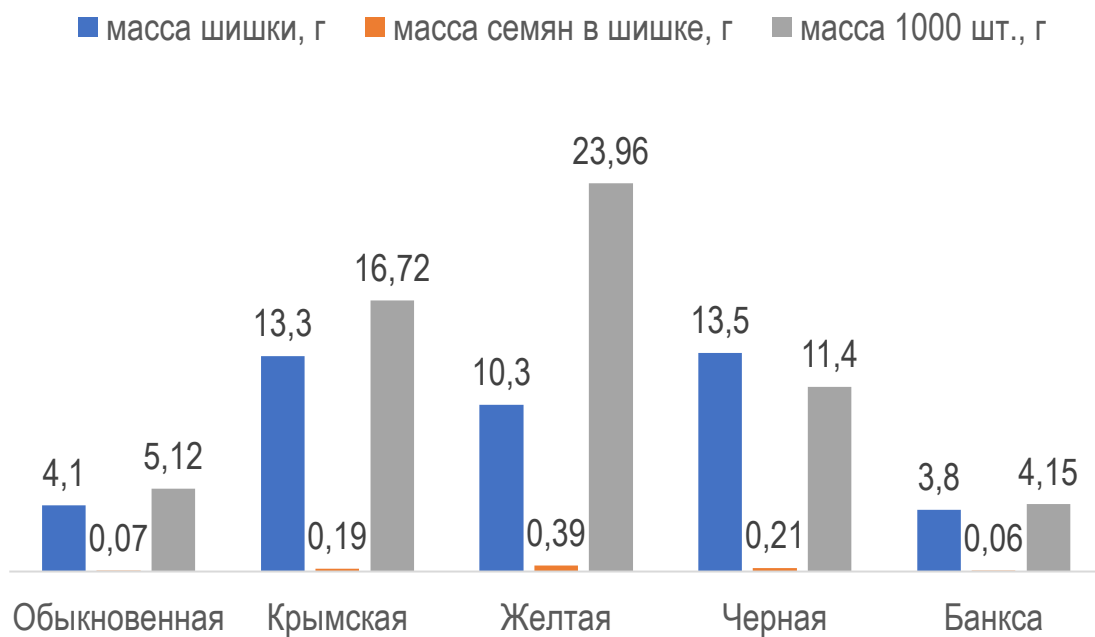




Рисунок 12. Характеристика репродуктивного развития видов *Pinus*

Вследствие засушливого периода наблюдений некоторые характеристики урожая семян отдельных деревьев имели большие вариации. Установлена четкая зависимость качества семян от метеорологических факторов: влажности воздуха и осадков в период формирования урожая, которые могут служить для прогноза будущего урожая.

Заключение

Получены теоретические и экспериментальные материалы на уровне географической, экологической, локальной популяции и данные по комплексной устойчивости сортообразцов.

Объектами исследований являлись естественные и искусственные популяции *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D. Don, *P. nigra* Arnold, *P. banksiana* Lamb., *P. ponderosa* Dougl. на юге европейской территории России (Волгоградская, Астраханская области, Республика Калмыкия).

Исследования базируются на методологии включающей мониторинг, выявление критериев отбора с учетом комплексных исследований (засухо-, морозо-, солеустойчивость, устойчивость к вредителям и болезням).

Дана комплексная оценка различных экотипов *Quercus robur* L. по потомству (25-летние растения в клоновом архиве). Модели роста *Quercus* с учетом почвенно-климатических зон степного Поволжья (низкое количество осадков, повышенная испаряемость, усиление ветрового режима) показали скороспелый тип роста вида в степи до 20 лет. Нисходящая часть кривой роста укорочена с выраженной депрессией в конце второго десятилетия. В лесной зоне рост *Quercus* имеет вид параболы с кульминацией прироста после 30 лет. *Quercus robur* на южной границе ареала отличается по морфологическим признакам.

Продуктивность камбия в возрасте 20 лет у *Quercus* на черноземах –4000-5000 см³/м²; в каштановой зоне до 7000 см³/м² в период максимального роста, при этом прирост по диаметру продолжается значительно дольше, чем рост в высоту. Установлено отношение высоты к диаметру 1:2 в черноземной степи в возрасте 40-50 лет. В лесной зоне это отношение равно 1:1.

Опыт создания географических культур *Quercus robur* в Октябрьском лесничестве (Волгоградская обл., рисунок 7), показал, что по росту к 30-летнему возрасту лидировали представители Воронежского, Белгородского, Луганского происхождения. Растения *Quercus robur* Краснодарского, Дагестанского и Тульского происхождения погибли. Минимальный отпад – Воронежского, Витебского, Марийского, Луганского, Белгородского, Волгоградского климатипов.

Выявлены представители рода *Pinus* (*Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D. Don, *P. ponderosa* Dougl.) представляющие практический интерес для защитного лесоразведения в южных регионах. В России

значительная часть (65%) искусственных насаждений представлена культурами *P. sylvestris* L. Из многообразия почвенных экотипов, для агролесомелиорации представляет интерес экотип, сформировавшийся на меловых обнажениях. В связи с чем он применяется в противоэрозионных насаждениях в Среднем и Нижнем Поволжье.

P. sylvestris в засушливые годы (1972, 1975, 1996, 1998, 1999) сильно пострадала, выпала из насаждений, как в молодом, так и в зрелом возрасте, в то время как *P. ponderosa* и *P. pallasiana* пережили засуху вполне благополучно. *P. sylvestris* в 80-летнем возрасте имеет высоту 14,2 м и диаметр – 17,6 см. Очень близки по характеру роста в этих условиях к *P. sylvestris* – *P. ponderosa* и *P. pallasiana*. Они растут более равномерно, снижение прироста с возрастом постепенное. При совместном их росте и выпадении *P. sylvestris* из насаждений *P. pallasiana*, получив дополнительную площадь питания после засухи, увеличила прирост и продуктивность камбия, что указывает на значительную ее стойкость.

Список литературы

1. Agostinelli, M., Cleary, M., Martín, J. A., Albrechtsen, B. R., & Witzell, J. (2018). Pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) differing in vitality as reservoirs for fungal biodiversity. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01758>
2. Bueno-Gonzalez, V., Brady, C., Denman, S., Plummer, S., Allainguillaume, J., & Arnold, D. (2019). *Pseudomonas daroniae* sp. Nov. and *pseudomonas dryadis* sp. nov., isolated from pedunculate oak affected by acute oak decline in the uk. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69(11), 3368–3376. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003615>
3. Čater, M. (2015). A 20-year overview of *Quercus robur* L. Mortality and crown conditions in Slovenia. *Forests*, 6(3), 581–593. <https://doi.org/10.3390/f6030581>
4. Čater, M., & Levanič, T. (2015). Physiological and growth response of *Quercus robur* in Slovenia. *Dendrobiology*, 74, 3–12. <https://doi.org/10.12657/denbio.074.001>
5. Cho, S. E., Lee, S. H., Lee, S. K., Seo, S. T., & Shin, H. D. (2018). First report of powdery mildew caused by *Erysiphe quercicola* on *Quercus robur* in Korea. *Plant Disease*, 102(7), 1455. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1826-PDN>
6. Fallon, B., Yang, A., Lapadat, C., Armour, I., Juzwik, J., Montgomery, R. A., & Cavender-Bares, J. (2020). Spectral differentiation of oak wilt from foliar fungal disease and drought is correlated with physiological changes. *Tree Physiology*, 40(3), 377–390. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa005>
7. Field, E., Schönrogge, K., Barsoum, N., Hector, A., & Gibbs, M. (2019). Individual tree traits shape insect and disease damage on oak in a climate-matching tree diversity experiment. *Ecology and Evolution*, 9(15), 8524–8540. <https://doi.org/10.1002/ece3.5357>
8. Gennadevich, B. S., Evgenievich, Z. I., & Valerievna, F. L. (2014). Developmental stability study of *Quercus Robur*: Industrial and abiotic factors influence. *Advances in Environmental Biology*, 8(17), 102–109.
9. Korchagin, O. M., Zinovieva, I. S., & Popova, Y. N. (2014). Descriptive analysis of introduction of innovative technologies in forestry. *Asian Social Science*, 10(23), 208–214. <https://doi.org/10.5539/ass.v10n23p208>
10. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
11. Łakomy, P., Kuźmiński, R., Mucha, J., & Zadworny, M. (2019). Effects of oak root pruning in forest nurseries on potential pathogen infections. *Forest Pathology*, 49(3). <https://doi.org/10.1111/efp.12513>
12. Meunier, J., Bronson, D. R., Scanlon, K., & Gray, R. H. (2019). Effects of oak wilt (*Bretziella fagacearum*) on post harvest *Quercus* regeneration. *Forest Ecology and Management*, 432, 575–581. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.056>
13. Mikhina, E., Taniykevich, V., & Mikhin, V. (2019). Agri-environmental role of protective forest plantations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 392). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012066>
14. Mohr, D., Simon, M., & Topp, W. (2005). Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. *Geoderma*, 129(1–2), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.029>

15. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, *9*(10), 1415–1422.
16. Seraya, L. G., Larina, G. E., Griboedova, O. G., Petrov, A. V., & Zhukov, F. F. (2019). Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 350). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012038>
17. Shutyaev, A. M., & Giertych, M. (1998). Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genetica*, *46*(6), 332–349.
18. Shutyaev, A. M., & Giertych, M. (2000). Genetic subdivisions of the range of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Based on a transcontinental provenance experiment. *Silvae Genetica*, *49*(3), 137–151.
19. Voitsekovskaya, S. A., Astafurova, T. P., Verkhoturova, G. S., Postovalova, V. M., & Burenina, A. A. (2017). Adaptive changes to hypoxia in resistant species by flooding the root system. *Indian Journal of Plant Physiology*, *22*(1), 125–129. <https://doi.org/10.1007/s40502-016-0245-0>

Selection potential of tree populations for forest reclamation complexes



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



Sergey N. Kryuchkov
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex
Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
kryuchkovs@vfanc.ru
0000-0001-8338-6460



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

Received
22.01.2020

Accepted
12.06.2020

Published
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.3

Abstract

Increasing the stability and durability of protective forest stands can be influenced by a whole range of techniques and measures for seed science, seed production, propagation and cultivation of selectively improved planting material and optimization of the phytosanitary situation. Fundamentally new approaches and solutions are planned for each component of the complex.

The valuable properties of the populations of the selected tree gene pool in arid conditions (South of the European territory of Russia) can be judged by the fact that they reach the maximum age (50-70 years) under repeated exposure to severe droughts, severe frosts, pest infestations and diseases, etc.

The objects of research were natural and artificial populations of *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D. Don, *P. nigra* Arnold, *P. banksiana* Lamb., *P. ponderosa* Dougl. In the South of the European territory of Russia (Volgograd, Astrakhan regions, Republic of Kalmykia).

The research is based on a methodology that includes monitoring, identification of selection criteria taking into account complex studies (drought, frost, salt resistance, pest and disease resistance).

A comprehensive assessment of various ecotypes of *Quercus robur* L. by offspring (25-year-old plants in the clone archive) is given. In the forest-growing conditions of the research region, the populations of *Quercus robur* I have shown themselves to be promising in terms of forestry and biological indicators. From the following areas: Voronezh, Vitebsk, And Belgorod Regions. There are significant differences between ecotypes recommended for selective seed production. Differences between phenological forms in the duration of growth processes, the rhythm of development, and taxational indicators are revealed.

Representatives of the genus *Pinus* (*Pinus sylvestris* L., *P. pallasiana* D. Don, *P. ponderosa* Dougl.) of practical interest for protective afforestation in the southern regions have been identified. In Russia, a significant part (65%) of artificial plantings is represented by *P. sylvestris* L. crops. From the variety of soil ecotypes, the ecotype formed on Cretaceous outcrops is of interest for agroforestry. In this connection, it is used in anti-erosion plantings in the Middle and Lower Volga region.

Some characteristics of the seed yield of individual trees had large variations and were characterized by low indicators due to an exceptionally dry observation period.

As a result of the inventory of natural and artificial plantings, morphological and structural characteristics were studied and promising populations were identified for breeding purposes when creating agroforestry complexes. Theoretical and experimental materials were obtained at the level of geographical, ecological, and local populations, as well as data on the complex stability of cultivars.

Keywords

biodiversity, population, gene pool, selection criteria and methods, degradation of plantings, forest reclamation complexes, seed science

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

Reference

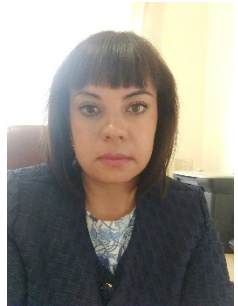
1. Agostinelli, M., Cleary, M., Martín, J. A., Albrechtsen, B. R., & Witzell, J. (2018). Pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) differing in vitality as reservoirs for fungal biodiversity. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01758>
2. Bueno-Gonzalez, V., Brady, C., Denman, S., Plummer, S., Allainguillaume, J., & Arnold, D. (2019). *Pseudomonas daroniae* sp. Nov. and *pseudomonas dryadis* sp. nov., isolated from pedunculate oak affected by acute oak decline in the uk. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69(11), 3368–3376. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003615>
3. Čater, M. (2015). A 20-year overview of *Quercus robur* L. Mortality and crown conditions in Slovenia. *Forests*, 6(3), 581–593. <https://doi.org/10.3390/f6030581>

4. Čater, M., & Levanič, T. (2015). Physiological and growth response of *Quercus robur* in Slovenia. *Dendrobiology*, *74*, 3–12. <https://doi.org/10.12657/denbio.074.001>
5. Cho, S. E., Lee, S. H., Lee, S. K., Seo, S. T., & Shin, H. D. (2018). First report of powdery mildew caused by *Erysiphe quercicola* on *Quercus robur* in Korea. *Plant Disease*, *102*(7), 1455. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1826-PDN>
6. Fallon, B., Yang, A., Lapadat, C., Armour, I., Juzwik, J., Montgomery, R. A., & Cavender-Bares, J. (2020). Spectral differentiation of oak wilt from foliar fungal disease and drought is correlated with physiological changes. *Tree Physiology*, *40*(3), 377–390. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa005>
7. Field, E., Schönrogge, K., Barsoum, N., Hector, A., & Gibbs, M. (2019). Individual tree traits shape insect and disease damage on oak in a climate-matching tree diversity experiment. *Ecology and Evolution*, *9*(15), 8524–8540. <https://doi.org/10.1002/ece3.5357>
8. Gennadevich, B. S., Evgenievich, Z. I., & Valerievna, F. L. (2014). Developmental stability study of *Quercus Robur*: Industrial and abiotic factors influence. *Advances in Environmental Biology*, *8*(17), 102–109.
9. Korchagin, O. M., Zinovieva, I. S., & Popova, Y. N. (2014). Descriptive analysis of introduction of innovative technologies in forestry. *Asian Social Science*, *10*(23), 208–214. <https://doi.org/10.5539/ass.v10n23p208>
10. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, *45*(4), 52–58.
11. Łakomy, P., Kuźmiński, R., Mucha, J., & Zadworny, M. (2019). Effects of oak root pruning in forest nurseries on potential pathogen infections. *Forest Pathology*, *49*(3). <https://doi.org/10.1111/efp.12513>
12. Meunier, J., Bronson, D. R., Scanlon, K., & Gray, R. H. (2019). Effects of oak wilt (*Bretziella fagacearum*) on post harvest *Quercus* regeneration. *Forest Ecology and Management*, *432*, 575–581. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.056>
13. Mikhina, E., Taniykevich, V., & Mikhin, V. (2019). Agri-environmental role of protective forest plantations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 392). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012066>
14. Mohr, D., Simon, M., & Topp, W. (2005). Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. *Geoderma*, *129*(1–2), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.029>
15. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, *9*(10), 1415–1422.
16. Seraya, L. G., Larina, G. E., Griboedova, O. G., Petrov, A. V., & Zhukov, F. F. (2019). Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 350). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012038>
17. Shutyaev, A. M., & Giertych, M. (1998). Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genetica*, *46*(6), 332–349.
18. Shutyaev, A. M., & Giertych, M. (2000). Genetic subdivisions of the range of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Based on a transcontinental provenance experiment. *Silvae Genetica*, *49*(3), 137–151.
19. Voitsekovskaya, S. A., Astafurova, T. P., Verkhoturova, G. S., Postovalova, V. M., & Burenina, A. A. (2017). Adaptive changes to hypoxia in resistant species by flooding the root system. *Indian Journal of Plant Physiology*, *22*(1), 125–129. <https://doi.org/10.1007/s40502-016-0245-0>

Адаптация сезонных ритмов развития на примере дендрокolleкций ФНЦ агроэкологии РАН



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



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



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

Поступила в редакцию
1.02.2020

Принята
02.03.2020

Опубликована
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.4

Аннотация

Оценка успешности адаптации древесных растений к почвенным и годичным изменениям сезонных метеорологических условий засушливого региона произрастания на основе метода фенологических наблюдений позволяет выявить синхронность развития вегетативных и генеративных органов культивируемых растений.

Получены многолетние экспериментальные материалы (по 20-летним периодам: 1979, 1989, 2019 г.г.) по сезонному развитию 47 древесных растений, произрастающих на участках с каштановыми почвами в дендрокolleкциях Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН (г. Камышин, Волгоградская область).

Выявлено, что для каждого вида характерен свой годичный цикл с определенной последовательностью и длительностью периодов роста и развития, размножения и т.д. Установлена сопряженность фенофаз с сезонной ритмикой климатических параметров и важных фенофаз друг с другом, приведена частотная характеристика фенофаз сезонного развития.

Биоритмы растений связаны с анатомо-морфологическими, физиологическими, биохимическими признаками и свойствами, которые влияют на степень адаптации к экологическим факторам.

Установлены фенологические закономерности развития деревьев и кустарников необходимые для прогнозирования их перспективности для защитного лесоразведения и озеленения в условиях воздействия стресс-факторов и изменения климата. По анализу многолетних (60 лет) фенологических наблюдений, выявлено, что изменчивость дат наступления внутри фазы заметно ниже, чем между фазами развития. Это согласуется с энергетическими потребностями фенофаз развития в онтогенезе и видовой принадлежностью и географическим происхождением.

Выявленные закономерности между биоритмами растений и сезонными изменениями климатических факторов в условиях Волгоградской области. У большинства видов распускание листовых почек начинается и достигает максимума при солнечном сиянии свыше 13,5 часов в сутки и среднесуточной температуры воздуха в пределах 5-10-15°C.

Максимум фенофазы начала цветения у древесных растений приходится на продолжительность солнечного сияния 14-16 часов в сутки при температуре воздуха в пределах 10-18°C. Конец цветения смещён на декаду позже примерно при тех же параметрах солнечной радиации и температуры воздуха.

Облиствение у всех растений укладывается за три декады мая - это 15-16 часов солнечного сияния и температура воздуха 15-21°C. Окончание роста побегов приходится на период года, когда солнечная радиация достигает максимума в 16 часов в сутки и температура воздуха приближается к максимуму среднесуточной температуры воздуха + 24°C.

В последовательном ряду изученных фенофаз существуют определённые соотношения: каждая последующая начинается по завершении предыдущей; иногда возможно наложение фенофаз развития (вегетативных и генеративных органов).

Ключевые слова

фенология, закономерности, адаптация, изменчивость, древесные виды, дендрологические коллекции

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

Введение

Одним из методов оценки успешности адаптации и акклиматизации новых видов является метод фенологических наблюдений. Он позволяет выявить синхронность развития вегетативных и генеративных органов культивируемых растений и оценить степень адаптации вида к почвенным и климатическим условиям произрастания.

Ряд авторов (Renner, 2018; Mijnsbrugge, 2019; Strømme, 2018) указывают на взаимосвязь сезонного развития с суммой эффективных температур. Помимо суммы положительных температур, для аридных регионов значение имеют показатели влагообеспеченности в летний период, т.к. дефицит влаги оказывает тормозящее влияние на ростовые процессы и сезонное развитие (Semenyutina, 2018; Tremli, 2019; Zohner, 2019; Jara-Guerrero, 2020).

Биоритмы связаны с анатомо-морфологическими, физиологическими, биохимическими и другими специфическими признаками и свойствами, позволившие видам приспособиться к той или иной среде (Miao, 2018; Torres-Ruiz, 2019). Сезонная периодичность в жизни растений выражена в умеренных и северных широтах в связи с контрастностью метеоусловий разных сезонов года (Wang, 2019; Flynn, 2018; Lv, 2020).

Многолетние исследования за древесными видами позволяют получить значительный объем данных об особенностях роста, сезонной периодичности в развитии (Kruzhillin, 2018), формировании генеративных органов, продуктивности, качеству семян (Babálová, 2018; Cortés-Flores, 2019; Segrestin, 2020), толерантности к стресс-факторам и выявить показатели, параметры которых находятся в функциональной зависимости между собой.

Материалы и методы исследования

В дендрариях опытной сети ФНЦ агроэкологии РАН традиционно применяется система фенонаблюдений по методике Главного ботанического сада. По этой методике проводились фенонаблюдения в 1979, 1999 и 2019 гг. Климатические данные приведены по данным www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm (таблица 1).

Таблица 1. Показатели температуры воздуха и суммы выпавших осадков
[www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm]

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха среднемесячная и годовая, °С	-11,6	-11,2	-5,4	6,2	15,4	19,7	22,0	20,3	13,9	5,8	-1,9	-8,3	5,4
1979	-12,4	-7,8	-1,8	4,0	19,4	19,7	21,4	23,1	16,2	5,9	-0,7	-3,5	7,0
1999	-5,1	-4,0	-1,3	11,1	13,3	22,4	25,2	22,5	15,0	9,5	-5,3	-1,3	8,5
2019	-8,4	-6,6	0,2	9,9	18,5	24,3	22,0	20,6	14,6	11,1	-0,1	-2,5	8,6
Среднемесячное и годовое количество осадков, мм	25	25	19	20	36	52	46	34	33	28	37	31	386
1979	37	60	27	53	12	91	32	2	19	24	41	18	417
1999	30	65	7	19	32	38	10	49	13	0,0	0,0	0,0	262
2019	58	7	52	34	33	2	102	9	11	23	2	19	351

Эффекты неравномерности в темпах сезонного развития (изменчивости наступления фенофаз: **РЛП** - распускание листовых почек, **ОБЛ** - облиствение, **КРП** - конец роста побегов, **ЛСТ** - массовый листопад, **НЦВ** - начало цветения, **КЦВ** - конец цветения, **ПЛД** - начало плодоношения, **ССТВ** - среднесуточная температура воздуха) растений включали изучение разногодично-временных фенологических закономерностей. Фактические даты прохождения фенофаз – число, месяц (графы 1 и 2), а также показатель универсальной временной шкалы (дней), приведены к точке отсчёта – предвегетационному месяцу (1 марта).

Результаты и обсуждение

В таблице 2 показаны фактические даты прохождения фенофаз, а также показатель универсальной временной шкалы (дней).

Таблица 2. Среднемноголетние показатели фенологических наблюдений (Камышин, Волгоградская область)

Годы	Фенологические фазы						
	РЛП	ОБЛ	КРП	ЛСТ	НЦВ	КЦВ	ПЛД
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Larix sibirica</i>							
1979	23* 4** 54***	08* 5** 69***	10* 6** 102***	17* 9** 201***	29* 4** 60***	01* 6** 62***	29* 8** 182***
2019	19* 4** 50***	06* 5** 67***	20* 6** 111***	13* 10** 227***	24* 4** 55***	02* 6** 63***	13* 9** 197***
<i>Pinus ponderosa</i>							
1999	02* 5** 63***	08* 6** 100***	13* 6** 105***		23* 5** 84***	30* 5** 91***	20* 8** 173***
2019	25* 4** 56***	12* 5** 73***	02* 7** 124***		23* 5** 84***	02* 6** 94***	09* 9** 193***
<i>Pinus sylvestris</i>							
1999	03* 5** 64***	05* 6** 97***	10* 6** 102***		19* 5** 80***	24* 5** 85***	27* 9** 211***
2019	29* 4** 60***	13* 5** 74***	22* 6** 114***		11* 5** 72***	24* 5** 85***	12* 10** 226***
<i>Ulmus pumila</i>							
1979	05* 5** 66***	13* 5** 74***	05* 6** 97***	19* 9** 203***			23* 5** 84***
1999	30* 4** 61***	11* 5** 72***	01* 6** 93***	07* 10** 221***	20* 4** 51***	25* 4** 56***	21* 5** 82***
2019	22* 4** 53***	08* 5** 69***	18* 6** 110***	15* 10** 229***	21* 4** 52***	26* 4** 57***	25* 5** 86***
<i>Quercus borealis</i>							
1979	07* 5** 63***	18* 5** 79***	03* 6** 95***	19* 9** 203***	16* 5** 77***	18* 5** 79***	27* 9** 211***
1999	04* 5** 65***	12* 5** 73***	03* 6** 95***	20* 9** 204***	13* 5** 74***	18* 5** 79***	20* 9** 204***
2019	28* 4** 59***	20* 5** 81***	16* 6** 108***	22* 10** 236***	10* 5** 71***	18* 5** 79***	26* 9** 210***
<i>Quercus robur</i>							
1979	05* 5** 66***	15* 5** 76***	03* 6** 95***	09* 9** 193***	12* 5** 73***	16* 5** 77***	27* 9** 211***
1999	01* 5** 62***	08* 5** 69***	31* 5** 92***	10* 10** 224***	09* 5** 70***	12* 5** 73***	27* 9** 211***
2019	27* 4** 58***	14* 5** 75***	15* 6** 107***	20* 10** 234***	07* 5** 68***	13* 5** 74***	20* 9** 204***
<i>Celtis occidentalis</i>							
1979	04* 5** 65***	10* 5** 71***	27* 5** 88***	27* 9** 211***	12* 5** 73***	15* 5** 76***	05* 9** 189***
1999	01* 5** 62***	10* 5** 71***	02* 6** 94***	30* 9** 214***	08* 7** 69***	15* 5** 76***	23* 9** 207***
2019	30* 4** 61***	21* 5** 82***	03* 7** 125***	10* 10** 224***	10* 5** 71***	15* 5** 76***	18* 9** 202***
<i>Acer platanoides</i>							
1979	30 4 61		23 5 84	12 9 196	01 5 62	03 5 64	21 8 174
1999	26 4 57	07 5 66	22 5 83	30 9 214	29 4 60	03 5 64	18 9 202

2019	22 4 53	14 5 75	07 6 99	14 0 228	25 4 56	28 4 59	16 9 200
<i>Acer negundo</i>							
1979	30* 4** 61***	07* 5** 68***	12* 6** 104***	17* 10** 231***	01* 5** 62***	03* 5** 64***	27* 8** 180***
1999	25* 4** 56***	02* 5** 63***	31* 5** 92***	23* 10** 237***	27* 4** 58***	03* 5** 64***	20* 9** 204***
2019	17* 4** 48***	08* 5** 69***	12* 6** 104***	20* 10** 234***	26* 4** 57***	04* 5** 65***	17* 9** 201***
<i>Tilia platyphyllos</i>							
1979	09* 5** 69***	21* 5** 82***	27* 5** 88***	27* 8** 180***	21* 6** 113***	23* 6** 115***	30* 8** 183***
1999	01* 5** 62***	11* 5** 72***	10* 6** 102***	22* 9** 206***	17* 6** 109***	23* 6** 115***	26* 10** 239***
2019	28* 4** 59***	30* 5** 91***	18* 6** 110***	20* 10** 234***	20* 6** 112***	01* 7** 123***	15* 9** 199***
<i>Juglans nigra</i>							
1979	03* 5** 64***	25* 5** 76***	07* 6** 99***	27* 9** 211***	18* 5** 79***	26* 5** 87***	23* 9** 207***
1999	01* 5** 62***	13* 5** 74***	12* 6** 104***	27* 9** 211***	19* 5** 80***	25* 5** 86***	10* 9** 194***
2019	05* 5** 66***	08* 5** 69***	19* 6** 111***	12* 10** 226***	17* 5** 78***	26* 5** 87***	13* 9** 197***
<i>Fraxinus excelsior</i>							
1979	07 5 68	12 5 73	27 5 88	21 9 205	05 5 66	12 5 73	23 9 207
1999	05 5 66	20 5 81	29 5 90	02 0 216	03 5 64	08 5 69	27 0 241
2019	28 4 59	21 5 82	05 6 97	22 0 236	30 4 61	08 5 69	21 0 235
<i>Amelanchier ovalis</i>							
1979	30* 4** 61***	09* 5** 70***	27* 5** 88***	05* 10** 219***	09* 5** 70***	11* 5** 72***	20* 8** 112***
1999	25* 4** 56***	10* 5** 71***	30* 5** 91***	23* 10** 237***	05* 5** 66***	10* 5** 71***	30* 6** 122***
2019	17* 4** 48***	08* 5** 69***	25* 6** 117***	07* 10** 221***	05* 5** 66***	12* 5** 73***	26* 6** 118***

* графа 1 – число, ** графа 2 – месяц, *** графа 3 количество дней от 1 марта

Показатель позволяет сравнивать сроки наступления фенофаз и интервалы между ними.

В таблице 3 приведена частотная характеристика фенофаз сезонного развития древесных видов: напротив каждой декады месяца указано число видов, вступивших в ту или иную фенофазу. В таблице также указаны солнечные и тепловые ресурсы соответствующей декады.

Таблица 3. Частотная характеристика фенофаз

Месяц	Декада	*	**	Фенологические фазы						
				РЛП	НЦВ	КЦВ	ОБЛ	КРП	ПЛД	ЛСТ
апрель	2	13,5	5...10	4	1					
	3	14,5	10...15	23	8	4				
май	1			19	17	11	16			
	2	15,5	15...18	1	11	8	25	1		
	3	16	18...21	0	5	14	6	3	4	
июнь	1				3	3	0	14	0	
	2				1	4		20	0	
	3	16,5	21...24		1	2		8	3	

июль	1				0	1		1	1	
	2	16	24...21			0		0	2	
	3								1	
август	1								2	
	2								3	
	3	14,5	21...18						8	
сентябрь	1	13,5	18...15						8	
	2	12,5	15...10						4	1
	3								6	5
октябрь	1	11,5	10...8						4	10
	2	11	8...5						1	15
	3	10	5...0						0	10

*интенсивность солнечной радиации, часов; **температура воздуха, Т°С

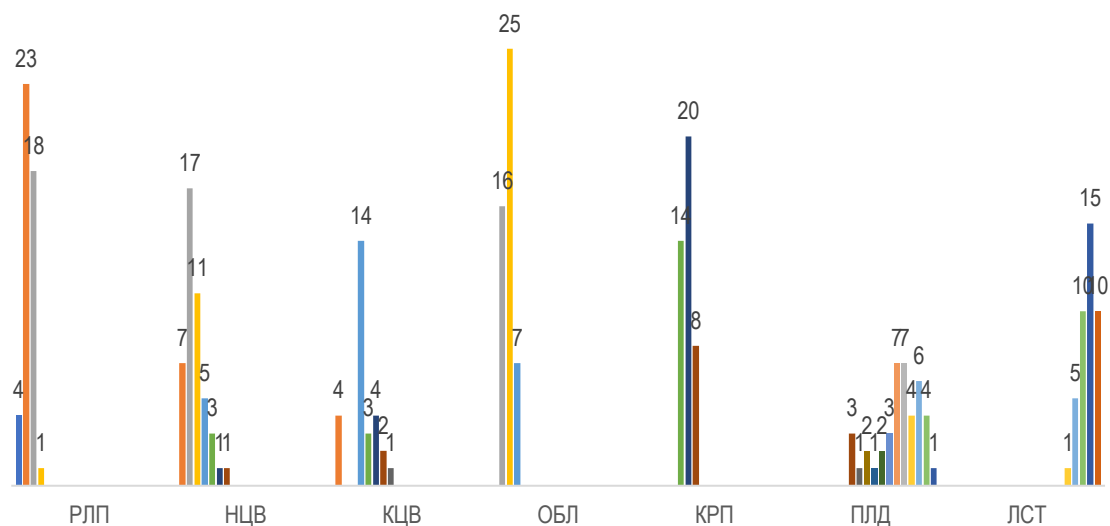
У большинства видов РЛП - распускание листовых почек начинается и достигает максимума при солнечном сиянии свыше 13,5 часов в сутки и ССТВ в пределах 5-10-15 градусов Цельсия (рисунок 1).

Максимум фенофазы начала цветения у древесных растений приходится на продолжительность солнечного сияния 14-16 часов в сутки при температуре воздуха в пределах 10-18 градусов.

Конец цветения смещён на декаду позже примерно при тех же параметрах солнечной радиации и температуры воздуха.

Облиствение – наиболее комплексная фенофаза – все растения успевают за три декады мая - это 15-16 часов солнечного сияния и температура воздуха 15-21 градус - обзавестись полноценной листвой и включиться в процесс интенсивного фотосинтеза органических веществ, необходимых для выживания в последующие периоды года.

■ IV ■ IV2 ■ V ■ V2 ■ V3 ■ VI ■ VI2 ■ VI3 ■ VII ■ VII3 ■ VII2 ■ VIII ■ VIII2 ■ VIII3 ■ IX ■ IX2 ■ IX3 ■ X ■ X2 ■ X3



Условные обозначения: **РЛП** - распускание листовых почек, **ОБЛ** - облиствение, **КРП** - конец роста побегов, **ЛСТ** - массовый листопад, **НЦВ** - начало цветения, **КЦВ** - конец цветения, **ПЛД** - начало плодоношения

Рисунок 1. Частотная характеристика фенофаз сезонного развития древесных видов

Окончание роста побегов приходится на период года, когда солнечная радиация достигает максимума в 16 часов в сутки и температура воздуха приближается к максимуму ССТВ + 24°С.

Плодоношение, наиболее растянутое во времени фенологическое событие, протекает с конца мая до конца октября. И даже уменьшение световых и тепловых ресурсов не являются препятствием: их ещё достаточно для протекания сложных биохимических процессов в органах и тканях растений.

Массовый листопад приходится на конец вегетационного периода года, когда и солнечная радиация уменьшается до 11-10 часов в сутки и температура воздуха снижается до 10-8-5 градусов. Снижается активность биохимических реакций. Одревеснение побегов и сбрасывание листьев служат целям защиты растений от морозов, повышению их зимостойкости.

Наибольшая частота фенологических событий приходится на первую декаду мая, предыдущую и последующую декады: 63, 35 и 46 дней соответственно.

Определённый интерес представляют и материалы по протяжённости, продолжительности фенологических фаз. В таблице 4 приводятся данные по продолжительности начального роста побегов / РЛП...ОБЛ/, активного роста побегов /ОБЛ...КРП/, продолжительности активного фотосинтеза и накопления органических веществ /ОБЛ...ЛСТ/, продолжительность цветения /НЦВ...КЦВ/ и продолжительность созревания плодов /КЦВ...ПЛД/. Эти материалы служат хорошим справочным пособием для полной биологической характеристики деревьев и кустарников дендрария.

Таблица 4. Продолжительность фенофаз древесных растений

Название видов	Продолжительность фаз, дней				
	начального роста листьев и побегов	активного роста побегов	активного фотосинтеза	цветения	созревания плодов
<i>Picea pungens</i>	26	30		11	93
<i>Picea abies</i>	14	32		9	74
<i>Larix sibirica</i>	12	46	147	6	129
<i>Juniperus virginiana</i>	17	36		11	114
<i>Juniperus communis</i>	15	41		10	110
<i>Pinus ponderosa</i>	26	24		9	90
<i>Pinus sylvestris</i>	23	23		7	134
<i>Armeniaca vulgaris</i>	11	26	148	6	67
<i>Cydonia oblonga</i>	12	56	158	7	129
<i>Phellodendron amurense</i>	13	29	137	9	96
<i>Betula papyrifera</i>	19	44	161	6	116
<i>Betula pendula</i>	14	39	156	4	123
<i>Ulmus laevis</i>	10	32	160	5	26
<i>Ulmus pumila</i>	12	28	146	5	27
<i>Gleditsia triacanthos</i>	17	37	142	11	116
<i>Carpinus betulus</i>	11	36	173	6	111
<i>Pyrus communis</i>	14	34	155	6	115
<i>Pyrus ussuriensis</i>	16	33	150	6	117
<i>Quercus borealis</i>	15	22	137	5	129
<i>Quercus robur</i>	11	25	144	5	134
<i>Celtis occidentalis</i>	12	27	141	5	123
<i>Acer platanoides</i>	14	18	142	3	130
<i>Acer campestre</i>	19	22	155	7	132
<i>Acer tataricum</i>	11	26	127	11	87
<i>Acer negundo</i>	9	36	131	5	131
<i>Tilia platyphyllos</i>	19	18	125	7	89
<i>Tilia cordata</i>	10	32	158	11	79
<i>Juglans regia</i>	11	29	154	10	80
<i>Juglans nigra</i>	9	32	143	8	112

<i>Robinia pseudoacacia</i>	20	17	155	14	110
<i>Populus tremula</i>	12	23	135	5	29
<i>Populus canadensis</i>	14	34	162	4	29
<i>Fraxinus lanceolata</i>	15	8	143	6	148
<i>Fraxinus excelsior</i>	15	8	140	7	157
<i>Crataegus arnoldiana</i>	21	29	161	5	91
<i>Crataegus submollis</i>	17	46	149	9	96
<i>Lonicera tatarica</i>	19	41	164	11	33
<i>Amelanchier ovalis</i>	15	29	156	5	45
<i>Viburnum lantana</i>	14	38	175	10	67
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	13	50	166	15	48
<i>Rosa rugosa</i>	18	47	161	17	45
<i>Syringa vulgaris</i>	14	45	180	20	104
<i>Cotinus coggygria</i>	19	23	162	11	36
<i>Ribes aureum</i>	13	44	170	17	33
<i>Chaenomeles maulei</i>	12	36	167	18	99
<i>Halimodendron halodendron</i>	10	48	157	8	62
<i>Philadelphus lemoinei</i>	16	36	159	16	70

Продолжительность начального периода роста в среднем составила 15 дней, продолжительность активного роста побегов - 25 дней, активного фотосинтеза - 153 дня, продолжительность цветения - 9 дней и созревания плодов - 92 дня. Самым растянутым во времени оказался период созревания плодов - от 25 до 185 дней. Он же является и самым видоопределяющим признаком: каждый вид, в силу генетической предопределённости, имеет свой набор биохимических реакций, определяющих начало, конец и продолжительность периода созревания плодов.

Заключение

Получены многолетние экспериментальные материалы (по 20-летним периодам: 1979, 1989, 2019 г.г.) по сезонному развитию 47 древесных растений, произрастающих на участках с каштановыми почвами в дендрокolleкциях Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН (г. Камышин, Волгоградская область).

Выявлено, что для каждого вида характерен свой годичный цикл с определенной последовательностью и длительностью периодов роста и развития, размножения и т.д. Установлена сопряженность фенофаз с сезонной ритмикой климатических параметров и важных фенофаз друг с другом, приведена частотная характеристика фенофаз сезонного развития.

Выявленные закономерности между биоритмами растений и сезонными изменениями климатических факторов в условиях Волгоградской области. У большинства видов распускание листовых почек начинается и достигает максимума при солнечном сиянии свыше 13,5 часов в сутки и среднесуточной температуры воздуха в пределах 5-10-15°C.

Максимум фенофазы начала цветения у древесных растений приходится на продолжительность солнечного сияния 14-16 часов в сутки при температуре воздуха в пределах 10-18°C. Конец цветения смещён на декаду позже примерно при тех же параметрах солнечной радиации и температуры воздуха.

Облиствение у всех растений укладывается за три декады мая - это 15-16 часов солнечного сияния и температура воздуха 15-21°C. Окончание роста побегов приходится на период года, когда солнечная радиация достигает максимума в 16 часов в сутки и температура воздуха приближается к максимуму среднесуточной температуры воздуха + 24оС.

Между последовательным рядом фенофаз / РЛП...ОБЛ...КРТ...ЛСТ или НЦВ...КЦВ...ПЛД/ существуют определённые качественные соотношения: каждая последующая начинается по завершении предыдущей; наложение фенофаз возможно только в случае сопоставления фенофаз развития вегетативных и генеративных органов, когда возможно совмещение разнообразных функций и биохимических реакций внутри одного организма. Маркером биохимических реакций в органах и тканях

является наступление фенофаз в совокупности энергетических ресурсов внешней среды обитания для конкретного растения, рассматриваемого в качестве фенологического объекта.

Установлены фенологические закономерности развития деревьев и кустарников необходимые для прогнозирования их перспективности для защитного лесоразведения и озеленения в условиях воздействия стресс-факторов и изменения климата. По анализу многолетних (60 лет) фенологических наблюдений, выявлено, что изменчивость дат наступления внутри фазы заметно ниже, чем между фазами развития. Это согласуется с энергетическими потребностями фенофаз развития в онтогенезе и видовой принадлежностью и географическим происхождением.

Список литературы

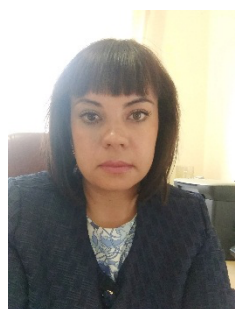
1. Babálová, D., Škvareninová, J., Fazekaš, J., & Vyskot, I. (2018). The dynamics of the phenological development of four woody species in south-west and central Slovakia. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051497>
2. Cortés-Flores, J., Cornejo-Tenorio, G., Urrea-Galeano, L. A., Andresen, E., González-Rodríguez, A., & Ibarra-Manríquez, G. (2019). Phylogeny, fruit traits, and ecological correlates of fruiting phenology in a Neotropical dry forest. *Oecologia*, 189(1), 159–169. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4295-z>
3. Flynn, D. F. B., & Wolkovich, E. M. (2018). Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. *New Phytologist*, 219(4), 1353–1362. <https://doi.org/10.1111/nph.15232>
4. Jara-Guerrero, A., Espinosa, C. I., Méndez, M., la Cruz, M., & Escudero, A. (2020). Dispersal syndrome influences the match between seed rain and soil seed bank of woody species in a Neotropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/jvs.12894>
5. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
6. Lv, A.-L., Huo, Z.-G., & Yang, J.-Y. (2020). Phenological characteristics of representative woody plants at different altitude sites in Jinnan region and their response to climate change [晋南地区不同海拔高度典型木本植物物候特征及其对气候变化的响应]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 41(2), 65–75. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6362.2020.02.001>
7. Miao, Y., Chen, A., Liu, M., Wang, T., Zhao, X., Song, Z., ... Liu, Y. (2017). The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 23(5), 785–791. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1145.2016.11020>
8. Mijnsbrugge, K. V., & Janssens, A. (2019). Differentiation and non-linear responses in temporal phenotypic plasticity of seasonal phenophases in a common garden of *Crataegus monogyna* Jacq. *Forests*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/f10040293>
9. Renner, S. S., & Zohner, C. M. (2018). Climate change and phenological mismatch in trophic interactions among plants, insects, and vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 165–182. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535>
10. Segrestin, J., Navas, M.-L., & Garnier, E. (2020). Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean. *New Phytologist*, 225(2), 740–753. <https://doi.org/10.1111/nph.16165>
11. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
12. Strømme, C. B., Julkunen-Tiitto, R., Olsen, J. E., & Nybakken, L. (2018). The dioecious *Populus tremula* displays interactive effects of temperature and ultraviolet-B along a natural gradient. *Environmental and Experimental Botany*, 146, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.09.013>
13. Torres-Ruiz, J. M., Kremer, A., Carins Murphy, M. R., Brodribb, T., Lamarque, L. J., Truffaut, L., ... Delzon, S. (2019). Genetic differentiation in functional traits among European sessile oak populations. *Tree Physiology*, 39(10), 1736–1749. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz090>

14. Trembl, V., Hejda, T., & Kašpar, J. (2019). Differences in growth between shrubs and trees: How does the stature of woody plants influence their ability to thrive in cold regions? *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.036>
15. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
16. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
17. Zohner, C. M., & Renner, S. S. (2019). Ongoing seasonally uneven climate warming leads to earlier autumn growth cessation in deciduous trees. *Oecologia*, 189(2), 549–561. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04339-7>
18. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Камышине. <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm>

Adapting the seasonal rhythms of development on the example of dendrological collection of the federal scientific center of agroecology of the russian academy of sciences



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



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



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

Received
1.02.2020

Accepted
02.03.2020

Published
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.4

Abstract

Assessment of the success of adaptation of woody plants to soil and annual changes in seasonal meteorological conditions of the arid growing region based on the method of phenological observations allows us to identify the synchronicity of the development of vegetative and generative organs of cultivated plants.

The years of experimental materials (for a 20-year period: 1979, 1989, 2019) seasonal development of 47 woody plant species growing in areas with brown soils in dendrological collection Nizhnevolzhsky station on selection of tree species, branch of Federal scientific center of agroecology of the Russian Academy of Sciences (Kamyshin, Volgograd oblast).

It is revealed that each species has its own annual cycle with a certain sequence and duration of periods of growth and development, reproduction, etc. The conjugation of prophases with the seasonal rhythm of climatic parameters and important prophases with each other is established, and the frequency characteristic of prophases of seasonal development is given.

Plant biorhythms are associated with anatomical, morphological, physiological, and biochemical characteristics and properties that affect the degree of adaptation to environmental factors.

The phenological patterns of trees and shrubs development necessary for predicting their prospects for protective afforestation and landscaping under the influence of stress factors and climate change are established. Based on the analysis of long-term (60 years) phenological observations, it was found that the variability of onset dates within the phase is significantly lower than between the development phases. This is consistent with the energy needs of phenophases of development in ontogenesis and species affiliation and geographical origin.

The revealed regularities between plant biorhythms and seasonal changes in climatic factors in the conditions of the Volgograd region. In most species, leaf budding begins and reaches its maximum when the sun shines for more than 13.5 hours a day and the average daily air temperature is between 5-10-15°C.

The maximum prophase of the beginning of flowering in woody plants is the duration of sunshine 14-16 hours a day at an air temperature within 10-18°C. The end of flowering is shifted a decade later at approximately the same parameters of solar radiation and air temperature.

The foliage of all plants is laid in three decades of may — this is 15-16 hours of sunshine and the air temperature is 15-21 °C. The end of the growth of runs occurs during the period of the year when solar radiation reaches a maximum of 16 hours per day and the air temperature is approaching the maximum of the average daily air temperature of + 24 °C.

In a series of studied prophases, there are certain relationships: each subsequent one begins at the end of the previous one; sometimes it is possible to overlap the prophases of development (vegetative and generative organs).

Keywords

phenology, regularities, adaptation, variability, tree species, dendrological collections

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

Reference

1. Babálová, D., Škvareninová, J., Fazekaš, J., & Vyskot, I. (2018). The dynamics of the phenological development of four woody species in south-west and central Slovakia. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051497>
2. Cortés-Flores, J., Comejo-Tenorio, G., Urrea-Galeano, L. A., Andresen, E., González-Rodríguez, A., & Ibarra-Manríquez, G. (2019). Phylogeny, fruit traits, and ecological correlates of fruiting phenology in a Neotropical dry forest. *Oecologia*, 189(1), 159–169. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4295-z>

3. Flynn, D. F. B., & Wolkovich, E. M. (2018). Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. *New Phytologist*, 219(4), 1353–1362. <https://doi.org/10.1111/nph.15232>
4. Jara-Guerrero, A., Espinosa, C. I., Méndez, M., la Cruz, M., & Escudero, A. (2020). Dispersal syndrome influences the match between seed rain and soil seed bank of woody species in a Neotropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/jvs.12894>
5. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., & Matvienko, E. Y. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*, 45(4), 52–58.
6. Lv, A.-L., Huo, Z.-G., & Yang, J.-Y. (2020). Phenological characteristics of representative woody plants at different altitude sites in Jinnan region and their response to climate change [晋南地区不同海拔高度典型木本植物物候特征及其对气候变化的响应]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 41(2), 65–75. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6362.2020.02.001>
7. Miao, Y., Chen, A., Liu, M., Wang, T., Zhao, X., Song, Z., ... Liu, Y. (2017). The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 23(5), 785–791. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1145.2016.11020>
8. Mijnsbrugge, K. V., & Janssens, A. (2019). Differentiation and non-linear responses in temporal phenotypic plasticity of seasonal phenophases in a common garden of *Crataegus monogyna* Jacq. *Forests*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/f10040293>
9. Renner, S. S., & Zohner, C. M. (2018). Climate change and phenological mismatch in trophic interactions among plants, insects, and vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 165–182. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535>
10. Segrestin, J., Navas, M.-L., & Garnier, E. (2020). Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean. *New Phytologist*, 225(2), 740–753. <https://doi.org/10.1111/nph.16165>
11. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
12. Strømme, C. B., Julkunen-Tiitto, R., Olsen, J. E., & Nybakken, L. (2018). The dioecious *Populus tremula* displays interactive effects of temperature and ultraviolet-B along a natural gradient. *Environmental and Experimental Botany*, 146, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.09.013>
13. Torres-Ruiz, J. M., Kremer, A., Carins Murphy, M. R., Brodribb, T., Lamarque, L. J., Truffaut, L., ... Delzon, S. (2019). Genetic differentiation in functional traits among European sessile oak populations. *Tree Physiology*, 39(10), 1736–1749. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz090>
14. Treml, V., Hejda, T., & Kašpar, J. (2019). Differences in growth between shrubs and trees: How does the stature of woody plants influence their ability to thrive in cold regions? *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.036>
15. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
16. Wang, Y., Yang, X.-D., Ali, A., Lv, G.-H., Long, Y.-X., Wang, Y.-Y., ... Xu, C.-C. (2020). Flowering Phenology Shifts in Response to Functional Traits, Growth Form, and Phylogeny of Woody Species in a Desert Area. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00536>
17. Zohner, C. M., & Renner, S. S. (2019). Ongoing seasonally uneven climate warming leads to earlier autumn growth cessation in deciduous trees. *Oecologia*, 189(2), 549–561. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04339-7>
18. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Камышине. <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm>

Эколого-биологическая оценка вьющихся кустарников для вертикального озеленения территорий



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



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



Виктория Алексеевна Семенютина
Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
Волгоград, Россия
VSem89@mail.ru
0000-0002-7345-2740

Поступила в редакцию
16.11.2019

Принята
06.05.2020

Опубликована
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.5

Аннотация

Вьющихся кустарников имеют важное эстетическое и санитарно-гигиеническое значение как виды многоцелевого использования при развитии городских и агроэкосистем в засушливых районах (Волгоградская область). Объекты исследования – 5 видов вьющихся кустарников (*Campsis radicans*; *Vitis amurensis*; *Parthenocissus quinquefolia*; *Celastrus orbiculata*; *Lonicera Caprifolium*) в коллекциях Федерального научного центра агроэкологии Российской академии наук.

Выявлено, что устойчивы к переносу комплекса зимних факторов североамериканские, европейские и дальневосточные виды (*Vitis amurensis*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Celastrus orbiculata*), естественный ареал которых расположен в тех же географических широтах, что и Нижнее Поволжье. Ареал кавказско-средиземноморских и восточноазиатских видов значительно южнее. *Campsis radicans* и *Lonicera caprifolium* рекомендуются для южных районов Волгоградской области.

Установлено, что с повышением температуры и падением влажности воздуха и почвы к концу вегетации наибольший дефицит наблюдается у *Vitis amurensis* - 22%. *Celastrus orbiculata rotundifolia* – 18%, *Campsis radicans* – 14%, *Parthenocissus quinquefolia* - 12%. Низкий дефицит воды у *Lonicera Caprifolium* (около 10%). Исследования показали, что вертикальное озеленение с использованием вьющихся кустарников улучшает микроклимат в жаркие летние месяцы.

Ключевые слова

вьющиеся кустарники, вертикальное озеленение, жилые районы, биологическое разнообразие, дендрокolleкции, адаптация, коллекции Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук

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

Ecological and biological assessment of climbing shrubs for landscaping residential areas



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



Sergei E. Lazarev
Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
hortus@yandex.ru
0000-0001-6473-6242



Victoria A. Semenyutina
Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
VSem89@mail.ru
0000-0002-7345-2740

Received
16.11.2019

Accepted
06.05.2020

Published
15.06.2020



10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.5

Abstract

Promising types of climbing shrubs have important aesthetic and sanitary-hygienic importance as types of multi-purpose use in the development of urban and agroecosystems in arid regions (Volgograd region).

The purpose of the research is to determine the prospects for the use of climbing shrubs in the vertical gardening of residential areas on chestnut soils based on the study of their biological potential.

The object of research was climbing shrubs growing in the collections of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences and in the landscaping of Volgograd and Kamyshin.

In collection plantings, 5 species of different geographical origin grow: *Campsis radicans*; *Vitis amurensis*; *Parthenocissus quinquefolia*; *Celastrus orbiculata*; *Lonicera caprifolium*.

Under the conditions of introduction, all types of climbing shrubs bloom and bear fruit. The ability of climbing shrubs to self-reproduce indicates the degree of their adaptation to new environmental conditions. Plants of all studied species reached the generative phase of development.

Studies on the negative effects of low temperatures on plants in the winter showed that they are mostly frost and winter hardy and suitable for vertical gardening of residential areas of Volgograd and Kamyshin.

It was revealed that climbing shrubs are quite resistant to the transfer of a complex of winter factors. North American, European and Far Eastern (*Vitis amurensis*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Celastrus orbiculata*) winter the best in the collections.

They have a high winter hardiness score. The area of their natural distribution is located at the same geographical latitudes as the Lower Volga. *Campsis radicans* freezes when lowering winter temperatures to -37°C.

It has been established that the climate of the region of their natural distribution is largely similar to the area of introduction, therefore, they turned out to be quite adapted to the new growing conditions.

The distribution range of the Caucasian-Mediterranean and East Asian species is much to the south. *Campsis radicans* and *Lonicera caprifolium* tolerate lower freezing temperatures worse. These species should be introduced into the southern regions of the Volgograd region.

In plants at a young age and with increasing temperature and falling humidity of air and soil by the end of the growing season, the water deficit increases.

The greatest water deficit during drought (July, August) as a percentage is observed in *Vitis amurensis* at about 22%. *Celastrus orbiculata rotundifolia* has a water deficit of about 18%, then *Campsis radicans* within 14%, *Parthenocissus quinquefolia* - 12%. The lowest water deficit is observed in *Lonicera caprifolium* (about 10%).

Studies have shown that vertical landscaping involving climbing shrubs improves the microclimate. Wall plantings of maiden grapes in the hot summer months (July, August) reduce the air temperature by an average of 3 - 4 °C, increase air humidity to 55 - 60% and bring microclimate parameters closer to the zone of hygienic comfort. A high yield of planting material can be achieved due to the optimal harvesting time of cuttings. The economic efficiency of production, expressed as a percentage, was 186 for *Campsis radicans* and 212% for *Lonicera caprifolium*.

Keywords

climbing shrubs, vertical gardening, residential areas, biological diversity, dendrocollections, adaptation, collections of the Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

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

Introduction

To improve the sanitary and hygienic indicators of the territories of settlements, it is necessary to have a gardening system as diverse as possible in its composition. One of the components of this system is vertical

gardening, the environment-forming role of which is great in dry steppe regions. The justified use of climbing shrubs in combination with traditional types of plantings will create comfortable living conditions for the population, regulate the optimal temperature balance and create favorable microclimatic conditions (Barinov, 2020; Safikhani, 2014; Wong, 2003).

Where tree planting is impossible due to lack of space, as well as for decorating walls, ceilings, fences, small architectural forms in parks, protecting buildings from noise, dust penetration, etc., it is necessary to use climbing shrubs (Liu, 2013; Xing, 2018; Tereshkin, 2019). The main source of expansion of the poor assortment of climbing shrubs used in the Volgograd region is the introduction of new species (Semenyutina, 2018; Larionov, 2018).

Climbing shrubs have an important aesthetic and sanitary value. They play an important role in the improvement of territories and as types of multi-purpose use in the arrangement of urban and agroecosystems (Peng, 2004; Melikhov, 2017; Jachula, 2019).

The object of research was climbing shrubs growing in the collections of the Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences and in the landscaping of the city of Volgograd and Kamyshin.

The research objective was to study the growth and development of various types of climbing shrubs with respect to limiting environmental factors and the development of a promising assortment for the vertical gardening of residential areas.

As a result, of the research, acquaintance with literary sources, the study of plants in the collections of the Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences and greenery plantings were carried out. Phenological observations were carried out, growth and development were studied, ecological aspects of flowering and fruiting were revealed, as well as the relationship of various species to the main environmental factors, the reclamation effect of climbing shrubs on the adjacent territory.

During our observations of the resistance of climbing shrubs to air and soil drought in the summer, the degree of adaptation to drought resistance was 0,70-0,81 for *Parthenocissus quinquefolia*, *Celastrus orbiculatus*, *Lonicera caprifolium*, and 0,45 for *Vitis amurensis* is the lowest – 0,65. It is undemanding to the soil, but reaches its best development on fairly moist soils.

A comparative assessment of the drought tolerance of climbing shrubs by the electrolytic method allowed us to divide the studied species into two groups - with a high and medium degree of stability. The species of the first group are more stable than the species of the second group, with respect to the general hydration of the leaf during the season, they tolerate dry periods without damage. They are of interest for vertical gardening in the conditions of light chestnut and chestnut soils of the Volgograd region, as the most drought tolerant.

Studies on the negative effects of low temperatures on plants in winter have shown that they are mostly frost and winter hardy and suitable for vertical landscaping of residential areas. The most dangerous for climbing shrubs are not low winter temperatures, but late spring frosts. During this period, species with an early onset of development, as well as young 2-3-year-old plants, are most damaged. In young plants (*Campsis radicans*) during late spring frosts, growth completely dies and further development occurs due to sleeping buds. In Volgograd, Amur and girl's grapes can winter without winter protection.

Green spaces should be multifunctional and perform the following main functions: urban planning, architectural and artistic and aesthetic, sanitary-hygienic, micro-climatic and recreational (Shepeleva, 2017; Barinov, Sokolskaya, 2018).

The range of climbing shrubs in urban ecosystems is poorly represented. Most species are in collections. In particular, in the gardens, parks and squares of Moscow, 12 species of lianas were revealed, in plantings located close to the walls of houses - 7 species. The most common is *Parthenocissus quinquefolia*, the average number of copies of which in the limited-use stands of Moscow is 2 - 4 copies per 1 ha.

In the difficult environmental situation of industrial areas, the hygienic role of plantations occupies a special place.

The possibility of vertical gardening with the use of climbing shrubs in the arid conditions of Volgograd and Kamyshin is determined by a complex of abiotic factors. The most important are climate (Semenyutina, 2016; Semenyutina, 2019).

Research materials and methods

The research areas are located in the Volgograd region in the arid climate zone and are well provided with heat. Limiting factors for the growth and development of climbing shrubs in arid conditions are high summer and low winter temperatures, dry air and low rainfall.

The most characteristic feature of the climatic conditions of the region is a clear system of seasons with typical weather features, atmospheric phenomena, and humidification conditions.

The average annual air temperature varies from 5,1 to 5,4°C in the northern regions of the region, to 7,5-8,2°C in the south of the territory. In some years, this value can vary greatly.

The warmest month on the territory is July. The average air temperature in this month rises from the northwest and in the northern regions to the southeast and south. In the northern and northwestern regions, the influence of Atlantic air is more often felt, therefore the temperature of the summer months is lower there.

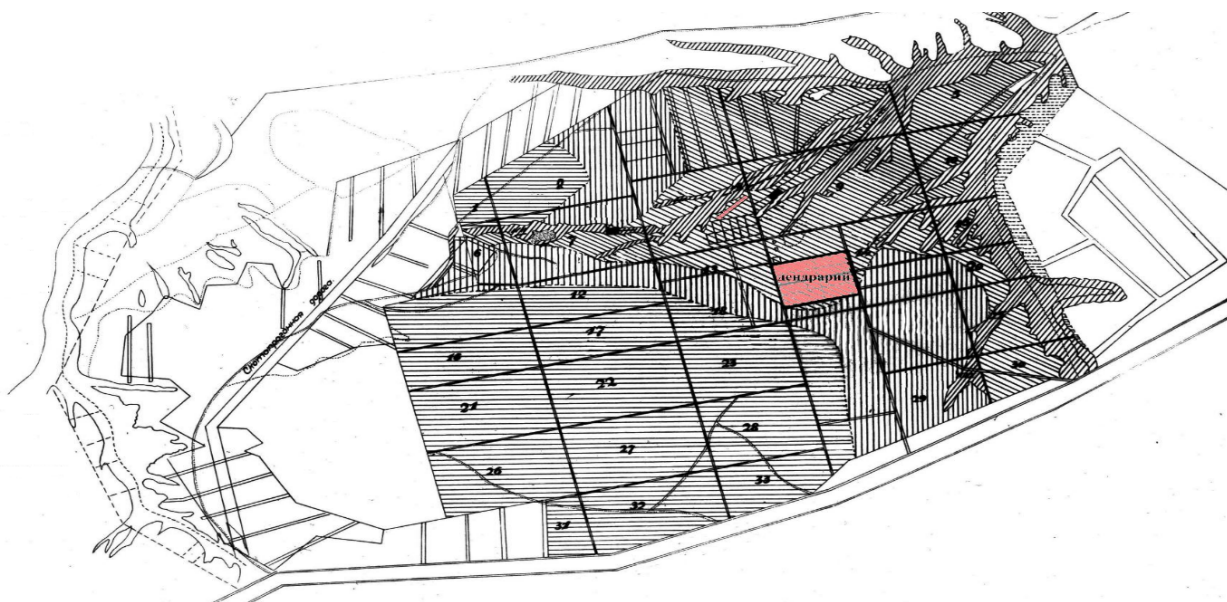
It is impossible to assess the prospects of climbing shrubs for vertical gardening in the arid zone of the Volgograd region without knowledge of the ecological and biological features. In this regard, climbing shrubs have not been sufficiently studied, which limits their use.

The purpose of the research is to determine the prospects for using climbing shrubs in the vertical gardening of residential areas on chestnut soils based on the study of their biological potential.

The research program included the following questions:

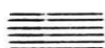
- 1) Determining the relationship of species to the main environmental factors and identifying the ecological and biological characteristics of various types of climbing shrubs with the prospect of their further use in planting greenery;
- 2) Environmental justification for the use of climbing shrubs for the vertical gardening of settlements in the Volgograd region;
- 3) The business case for growing planting stock.

The objects of research are located on chestnut and light chestnut soils of the collection sites of the Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, Kamyshin).



Legend

the soil:



powerful, undeveloped sandy on buried chestnut



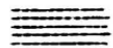
thin, undeveloped sandy on buried chestnut



chestnut, light loamy and loamy



alluvial



southern sandy chernozems



weakly saline dark chestnut



shelterbelts

Lower Volga tree breeding station (Kamyshin)



Volgograd

Figure 1. Location scheme of research objects



Lonicera caprifolium



Parthenocissus quinquefolia



Parthenocissus quinquefolia in vertical gardening (autumn coloring)

Figure 2. General view of the objects of research

The objects of research were climbing shrubs belonging to different families:

CELASTRACEAE

Celastrus orbiculatus. Thunb.

BIGNONIACEAE

Campsis radicans (L.) Seem

VITACEAE

Vitis amurensis Rupr.

Parthenocissus quinquefolia

CAPRIFOLIACEAE

Lonicera caprifolium L.

Acquaintance with plants carried out in the form of a route survey of landscaping and collection sites. To identify promising species for landscaping, a study conducted of reference books, catalogs. Studies on the water regime and colloidal osmotic properties of protoplasm carried out in laboratory conditions. The main attention was paid to the characteristics of the growth and development of plants, their resistance to the environment, and economical use (Jiang-bao, 2011; Novikova, 2019; Baumgartner, 2020).

The characteristics of the factors of the abiotic environment taken from the reference literature. When studying the seasonal development of climbing shrubs, the methods of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences used. Phenological observations carried out for the same specimens of each species, the taxonomic affiliation of which is precisely established. The development of climbing shrubs studied in age and seasonal dynamics. The following indicators used for bioecological assessment of species: winter hardiness, drought tolerance, the nature of flowering, fruiting and reproduction. The ranking made it possible to identify the most stable species and establish the pattern of their variability in adaptation to the climatic conditions of the environment and its conjugation with thermal and water regimes (Semenyutina, 2018).

Assessment (in points) of winter hardiness of plants, their flowering, fruiting and drought tolerance was carried out according to generally accepted methods. Quantitative and qualitative indicators of fruiting indicate the possibility of using one or another species for introduction and seed production in a particular area. The length of the growing season is calculated from budding to massive leaf fall (in days). Species with a high degree of adaptation are recommended for all types of protective afforestation, medium adapted species can be grown on the best soils and everywhere in landscaping, subject to the use of optimal ecological niches with high agricultural cultivation techniques and additional soil moisture.

Microclimatic parameters were measured using a digital hot-wire anemometer. The resulting materials were processed using statistical methods. Experiments on creeping of climbing shrubs carried out in stationary greenhouses, with boxes of concrete, covered with frames with a polyethylene coating (Figure 3). The necessary temperature and humidity conditions created. Sand or sand + humus (1: 1) used as a substrate for propagation. The landing pattern is 5-7 cm in a row, 10 cm - between rows.









Figure 3. Experiments on rooting cuttings of climbing shrubs

The economic assessment of the cultivation of planting material of lianas carried out according to generally accepted methods, based on the calculation of technological maps. Profitability and profit from the sale of rooted cuttings were determined.

Results and discussion

As a result, of the route inspection of the objects, types of climbing shrubs and their characteristics identified with a clarification of the systematic affiliation (table 1).

Table 1. Characteristics of climbing shrubs

Name of species	Area of natural distribution	Height, m	Availability as a part
<i>Campsis radicans</i>	India, South America	up to 15	As part of limited use, collections (V) *
<i>Celastrus orbiculata</i>	Primorsky Krai, Japan, China	6 - 7	As part of limited use collections (V, K).
<i>Vitis amurensis</i>	Northeast China, North. Korea	до 20	As part of urban plantations, limited use, collections (V, K).
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	North America	15 - 20	As part of urban plantations, limited use, collections (V, K).
<i>Lonicera caprifolium</i>	Wed and South. Europe, Caucasus, Asia Minor	3 - 5	As part of plantations, limited use, collections (V, K).

*B - Volgograd, K - Kamyshin

In the landscaping of Volgograd and Kamyshin, 5 species of climbing shrubs belonging to 4 genera and 4 families were identified. In rural settlements on the territory of the Volgograd region, 2 species of climbing shrubs are found everywhere: *Parthenocissus quinquefolia* and *Vitis amurensis*. On the territory of individual sites, several other climbing shrubs are singly represented. The use of climbing shrubs reduced to landscaping the walls of buildings. Landscaping by climbing shrubs of fences and hedges is widespread. Isolated cases of the use of perennial vines (*Parthenocissus quinquefolia*) in container gardening of balconies have been noted. Climbing shrubs practically not used for decorating little interesting architectural structures and household objects.

The rhythms of the growth and development of climbing shrubs are very different from other plant species. Climbing shrubs characterized by long growth (until October – November), i.e., they actually have a very short rest period. Most tree vines develop shoots of three types: elongated non-bearing growth shoots, shortened non-bearing growth shoots, and relatively short non-specialized generative shoots. Long growth characterized by shoots of the first type. The growth of climbing shrubs does not always fit into the framework of the Sachs law on the single-peak nature of the growth of shoots, but it can also go multi-vertically.

The seasonal rhythm of development expressed not only in visible morphological changes in plants, but also in the processes of intrarenal development of the shoot. Flower stems in climbing shrubs formed in the sequence corresponding to the scheme of organogenesis of higher seed plants. The meteorological conditions of the spring and summer vegetation have a significant impact on the timing and duration of the stages. In the winter, the damaging effects of low temperatures are more susceptible to generative kidneys, which have reached a higher degree of development.

Depending on the geographical location, the difference between the onset of the growing season in individual species of vines is 5 - 10 days, between the end - 1 - 13 days (earlier in Volgograd begins and later ends, in Kamyshin vice versa). The phase of kidney swelling in the studied species of climbing shrubs occurs in the second, third decade of April, except *Lonicera caprifolium*, in which kidney swelling occurs in the second decade of March.

The growth of shoots begins almost simultaneously with the blooming of leaves. The completion of the leafing observed during May. During this period, climbing shrubs acquire decorative features, especially medium-texture woody vines forming the background (*Parthenocissus quinquefolia*, *Vitis amurensis*, *Celastrus orbiculatus*).

The beginning of the flowering phase occurs at the beginning of May - the end of June. The largest number of days in the flowering phase is *Campsis radicans* (40-45 days), then *Lonicera caprifolium*, the flowering time of which is about 20 days, then *Parthenocissus quinquefolia* about 15 days, *Parthenocissus quinquefolia* 12 and the shortest flowering time is *Celastrus orbiculatus* about 10 days (table 2, figure 4).

Table 2. Calendar flowering and ripening seeds

Name of species	Flowering time		Flowering period, days	Fruit ripening	
	start	end		start	end
<i>Campsis radicans</i>	25.06	01.08	40-45	30.08	05.09
<i>Celastrus orbiculatus</i>	18.05	25.05	8-10	15.08	20.09
<i>Vitis amurensis</i>	4.06	15.06	10-12	20.08	18.09
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	1.06	15.06	10-15	25.08	18.09
<i>Lonicera caprifolium</i>	10.06	28.06	17-20	20.07	10.08

The leaf falls period for various species of climbing shrubs lasts 12-37 days (the last decade of October and the first decade of November). The longest growing season is typical for *Campsis radicans* (210 days), *Vitis amurensis* (208 days), *Lonicera caprifolium* (205 days). The shortest growing season observed in *Celastrus orbiculatus* (195 days) and *Parthenocissus quinquefolia* (180 days). In the conditions of the Volgograd region, the studied species of climbing shrubs undergo a complete development cycle. *Parthenocissus quinquefolia*, *Vitis amurensis*, *Lonicera caprifolium* considered promising.



Figure 4. *Parthenocissus quinquefolia* (spring), during shoot growth

In a sharply continental climate, species can grow that have a wide amplitude of adaptive ability for winter and drought tolerance. The degree of winter hardiness of various types of climbing shrubs in the conditions of the Volgograd region revealed harsh winters (1978/79, 1993/94 and 2005/06). Vines are quite resistant to the transfer of a complex of winter factors. The best winters in the collections are North American, European and Far Eastern (*Vitis amurensis*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Celastrus orbiculatus*). They have a high winter hardiness score. The area of their natural distribution is located at the same geographical latitudes as the Lower Volga.

Climate of the region of their natural distribution is in many respects similar to the region of introduction, so they turned out to be quite adapted to the new growing conditions. The distribution range of the Caucasian-Mediterranean and East Asian species is much to the south. *Campsis radicans* and *Lonicera caprifolium* tolerate lower freezing temperatures worse. These species should be introduced into the southern regions of the Volgograd region. A comparative assessment of the drought tolerance of climbing shrubs by the electrolytic method allowed us divide the studied species into two groups (table 3).

Table 3. Degree of drought resistance of lianas by electrolytic method

Group	Species	Relative electrolyte yield	Student confidence criterion between groups	Degree of drought tolerance
I	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	1,59±0,07	t I-II=4,89	High
	<i>Celastrus orbiculatus</i>	1,58±0,05		
	<i>Lonicera caprifolium</i>	1,41±0,06		
	Average value	1,52		
II	<i>Campsis radicans</i>	1,99±0,04		Average
	<i>Vitis amurensis</i>	1,96±0,08		
	Average value	1,97		

They are of interest for vertical gardening on light chestnut and chestnut soils of the Volgograd region, as the most drought tolerant. The species of the first group are more stable than the species of the second group, with respect to the general hydration of the leaf during the season, they tolerate dry periods without damage. They have the ability to regulate water exchange during critical periods by changing the width of the stomatal openings. As our studies have shown, the water content of all studied species during the growing season did not change significantly, which indicates the drought tolerance of climbing shrubs in the conditions of the Volgograd region (table 4).

The water content in the leaves of climbing shrubs during the growing season ranges from 70.5 - 56.2%. In a drier period, water content is lower.

Table 4. Water content in the leaves of climbing shrubs, % of wet weight

Species	2016			2017		
	June	July	August	June	July	August
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	73,5±1,09	69,6±1,43	67,2±1,29	75,0±2,03	70,5±1,42	68,5±2,84
<i>Celastrus orbiculatus</i>	65,3±2,10	62,7±2,71	58,4±0,92	62,5±1,98	59,7±1,54	56,2±0,96
<i>Lonicera caprifolium</i>	64,2±1,98	62,5±2,04	59,2±1,45	65,5±3,04	62,3±2,36	60,8±1,23
<i>Campsis radicans</i>	65,1±2,09	62,4±2,71	57,1±2,10	67,3±2,53	60,8±1,07	57,4±1,03
<i>Vitis amurensis</i>	70,7±2,87	68,1±3,26	64,2±2,24	69,1±2,38	67,9±3,02	64,7±3,00

The highest water content in the leaves observed in June, which is associated with the reserves of active moisture in the soil. Over the next two months, leaf water content in all species decreased by several percent, following a decrease in soil moisture. With increasing age, species are more stable with respect to hydration of leaf tissue and water deficiency in leaves (table 5).

Data on the water regime of climbing shrubs during droughts showed that they have a low water deficit of leaves during the growing season (from 10 to 22%), are able to regulate their water metabolism in the dry season. In plants at a young age and with increasing temperature and falling humidity of air and soil, the water deficit increases by the end of the growing season. The greatest water deficit during drought (July, August) as a percentage observed in Amur grapes about 22%. *Celastrus orbiculatus* has a water deficit of about 18%, then *Campsis radicans* within 14%, *Parthenocissus quinquefolia* - 12%. The lowest water deficit is observed in *Lonicera caprifolium* (about 10%).

Table 5. Water deficit in the leaves of vines in light chestnut soils in 2017 (in% of the total content in a state of full saturation)

Species	Months		
	June	July	August
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	7,3±0,15	10,0±0,32	12,1±0,43
<i>Celastrus orbiculatus</i>	10,4±0,17	14,2±0,25	18,3±0,57
<i>Lonicera caprifolium</i>	7,3±0,10	15,2±0,21	10,5±0,38
<i>Campsis radicans</i>	7,0±0,21	13,3±0,19	16,5±0,44
<i>Vitis amurensis</i>	6,4±0,21	8,9±0,23	12,2±0,54
Air temperature during the experiment, ° C	26,5	30,5	33,0

Climbing shrubs are not demanding on moisture and soil richness; they grow on almost all soils, even on the poorest, if they are loose and well aerated. However, the best growth and development observed on fertile loose soils. The most winter-hardy - in the conditions of chestnut soils (Volgograd, Kamyshin) - *Vitis amurensis* and *Parthenocissus quinquefolia* belong to the family VITACEAE, and *Lonicera caprifolium* is more drought-resistant (table 6).

Table 6. Degree of adaptation of climbing shrubs for winter hardiness and drought tolerance

Species	Extremely low temperatures	Extremely high temperatures	Degree of winter hardiness adaptation	Degree of adaptation for drought tolerance
<i>Campsis radicans</i>	-37°C	+39°C	0,59-0,79	0,70-0,80
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>			0,81-0,95	0,71-0,83
<i>Celastrus orbiculatus</i>			0,81-0,90	0,71-0,81
<i>Vitis amurensis</i>			0,91-1,0	0,45-0,65
<i>Lonicera caprifolium</i>			0,82-0,93	0,75-0,88

The Volgograd region is characterized by difficult soil and climatic conditions: the frequent recurrence of droughts, dry winds, frosty winters, insufficient rainfall, salinization, and solonchic soils. These factors limit the growth and development of planting and forestation and afforestation plants and require careful selection of the range of tree species. The differentiated use of various types of climbing shrubs based on the correspondence of species bioecology to environmental factors. A factor limiting the possibility of growing climbing shrubs is frost resistance, this is the main reason for slight freezing in extreme years (minus 37 °C) of species of southern origin (*Campsis radicans*).

It has been revealed that the most decorative are flowering species: *Lonicera caprifolium*, *Campsis radicans*. *Parthenocissus quinquefolia*, *Vitis amurensis*, *Celastrus orbiculatus* are medium decorative. However, in certain periods, their indices are higher than that of flowering plants, due to earlier blooming of leaves and colorful autumn coloring. In particular, *Parthenocissus quinquefolia* and *Vitis amurensis* painted in autumn in bright orange, scarlet, purple, purple shades, which are quite rare in the landscaping of settlements.

The dominant composition should be medium texture climbing shrubs, usually forming the background (*Parthenocissus quinquefolia*). Rough texture plants (*Parthenocissus quinquefolia*, *Celastrus orbiculatus*) recommended use where it is necessary to emphasize compositionally and strengthen a certain part of a building or structure. Much attention should be paid to such factors as abundant and prolonged flowering, decorativeness and duration of autumn coloring of leaves and fruits, leaf cover density, and flowering maintenance (figure 6).

Due to the sharp deterioration of environmental conditions, optimization of the environment with the help of plants is of particular practical importance. Particularly in need of this are degraded aground urban ecosystems, which are characterized by a poor species composition of flora and fauna, which leads to a decrease in their stability, durability and deterioration of sanitary and hygienic and recreational functions.



a) *Parthenocissus quinquefolia*



б) *Vitis amurensis*

Figure 5. Climbing shrubs in landscaping

Significant theoretical and practical interest in this regard represented by climbing shrubs. They have drought tolerance and winter hardiness, which allows them to be recommended for further use in landscaping residential areas of the Volgograd region (table 7).

Table 7. Ecological and biological characteristics of species of woody vines

Species	Age, years	Height, m	Winter hardiness, point	Drought resistance, point	Flowering, point	Fruiting, point
<i>Lonicera caprifolium</i>	8	1,3	6	6	5	5
<i>Campsis radicans</i>	10	4,0	5	5	5	5
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	13	6,5	7	6	5	4
<i>Vitis amurensis</i>	18	4,3	7	5	4	5
<i>Celastrus orbiculatus</i>	17	1,0	7	6	4	4

Climbing shrubs favorably affect the microclimate of the territory especially - in the summer period of time, during the period of complete obstruction. They reduce air temperature by an average of 3-4°C. Vines also

reduce wind speed by 2 - 3 m / s. In the humidity mode, vertical gardening is reflected as follows: next to all kinds of climbing shrubs, there is an increase in air humidity up to 55-60%. Climbing shrubs bring microclimatic parameters closer to the zone of hygienic comfort. The lack of decorative climbing shrubs must be filled with high-quality domestic planting material. A large amount of planting material of ornamental plants imported from abroad by private firms, but their safety is not always ensured in the new living conditions.

Climbing shrubs as fast-growing plants are relatively easy to propagate vegetatively (Jeberean, 2018). Therefore, for most climbing shrubs, it is most convenient to obtain planting material by cuttings. Cuttings are cut from the middle and lower part of the side shoots. The length of the cut is equal to two internodes. Lignified cuttings of climbing shrubs are harvested from mother plants, in the resting phase. After cutting, the cuttings are bundled and treated with root formation stimulants. 100-150 mg of stimulant is added per 1 liter of aqueous solution, then the cuttings are kept in it for 15-16 hours.

For cuttings, stationary greenhouses are used, with boxes of concrete, covered with frames with a polyethylene coating. The necessary temperature and humidity conditions are created by fogg. As a universal substrate for reproduction, sand or sand + perlite, sand + humus (1:1) is used. The landing pattern is 5-7 cm in a row, 10 cm - between rows. After rooting, the cuttings are planted in the open ground of the breeding department.

The costs of growing planting material consist of the procurement of cuttings of climbing shrubs from mother plants, the cost of fertilizers, preparing them for planting, care, digging and sorting. Analysis of the structure of production costs showed that wages with accruals account for 33,1%. This is due to the use of manual labor during operations such as cuttings, sorting plants, arranging a greenhouse, etc. (table 8).

Table 8. The structure of the material costs of growing climbing shrubs per 100 m²

Indicators	The amount of costs, rub.
Labor costs, people - hours	675,24
Salary with accruals	26476,63
Combustive-lubricating materials	1894,41
Fertilizers, growth stimulants (heterooxin)	404,12
Polyethylene coating	2475,05
Electric power	1098,32
Depreciation and maintenance of fixed assets	951,57
Vehicle operation	825,22
Water costs	9600,35
Substrate (sand with humus)	11745,00
Other costs (2%)	1109,41
Direct costs, total	56580,10
General and general production costs (36%)	20368,84
Total manufacturing costs	76948,94

The calculation of economic efficiency by the main indicators determined the profitability of the production of seedlings of climbing shrubs. The change in net profit per 100 m² is defined as the product of the volume of sales by the difference between the selling price of seedlings and the cost of their production. The planned profit from the sale of commercial products for *Campsis* is 143619 rubles. For *Lonicera caprifolium* - 163040 rubles. The production efficiency of climbing shrubs seedlings varies, due to the rooting of cuttings, which was 73.5% for *Campsis radicans* and 80% for *Lonicera caprifolium* (table 9).

Table 9. Economic efficiency of propagation of climbing shrubs

Indicators	Campsis radicans	Lonicera caprifolium
The output of seedlings, pcs.	14700	16000
Gross output per 1 person –h.	326,55	355,43
The cost of production per 1 p. expenses, rub	2,86	3,12
Cost of 1 seedling, rub.	5,23	4,81

Selling price of 1 seedling, rub.	15,0	15,0
Net income (p.) at:		
– 100 m ²	143619,00	163040,00
– 1 seedling	9,77	10,19
Profitability level, %	186	212

The experience of vegetative propagation of climbing shrubs has shown that a high yield of standard planting material can be achieved with optimal harvesting time of cuttings. The increase in production productivity will positively affect economic indicators. The projected profitability of production, found as the ratio of profit per unit of production to the cost of production per unit, expressed as a percentage was 186 for *Campsis radicans* and 212% for *Lonicera caprifolium*.

Conclusion

Ecological and biological assessment of climbing shrubs in order to identify promising species for vertical gardening of residential areas was carried out under conditions of chestnut soils (collection plantings of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, landscaping of the cities of Kamyshin and Volgograd). In the collection landings, 5 species of various geographical origin were revealed: *Campsis radicans*; *Vitis amurensis*; *Parthenocissus quinquefolia*; *Celastrus orbiculata*; *Lonicera caprifolium*. Under the conditions of introduction, all types of climbing shrubs and bear fruit. The ability of climbing shrubs to self-reproduce indicates the degree of their adaptation to new environmental conditions. Plants of all studied species reached the generative phase of development. Propagated by seeds, root cuttings, layering, forms - vaccinations. Climbing shrubs - *Campsis radicans*, *Vitis amurensis*, *Vitis amurensis*, *Lonicera caprifolium* mainly propagate by seeds and rooting of cuttings.

Studies on the negative impact of low temperatures on plants in winter have shown that they are mostly frosted- and winter-hardy and suitable for vertical gardening of residential areas in Volgograd and Kamyshin. *Campsis radicans* when winter temperatures drop to -37 °C is freezing.

The most dangerous for climbing shrubs are not low winter temperatures, but late spring frosts. During this period, the most damaged species with early onset of development, as well as young 2-3-year-old plants. In young plants (*Campsis radicans*) during the late spring frosts, growth is completely lost and further development occurs due to dormant buds. In the conditions of Volgograd and Kamyshin, *Vitis amurensis*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Lonicera caprifolium*, *Celastrus orbiculatus* can winter without winter protection.

The ratio of climbing shrubs to air and soil drought in the summer period revealed the degree of adaptation to drought resistance, which was 0,70-0,83 in *Parthenocissus quinquefolia*, *Celastrus orbiculatus*, *Campsis radicans*, *Lonicera caprifolium*, and 0,45 – 0,65 in *Vitis amurensis*. It is undemanding to the soil, but it reaches its best development on fairly moist soils.

Studies have shown that vertical gardening with the participation of climbing shrubs improves the microclimate. Wall plantings of *Parthenocissus quinquefolia* in the hot summer months (July, August) reduce the air temperature by an average of 3-4°C, increase the humidity to 55-60% and bring the microclimatic parameters closer to the zone of hygienic comfort.

Ecological and biological assessment of climbing shrubs for vertical landscaping of residential areas has revealed promising species: *Parthenocissus quinquefolia*, *Lonicera caprifolium*, *Campsis radicans*, *Vitis amurensis*, *Celastrus orbiculatus*.

Vertical gardening of residential areas using climbing shrubs in modern cities with large areas that are inconvenient for gardening has a definite prospect. Selection of the assortment of climbing shrubs should be carried out taking into account the limiting factors of growth and development, decorative and sanitary properties for specific expositions and landscaping objects.

High yield of planting material can be achieved due to the optimal timing of harvesting cuttings. The economic efficiency of production, expressed as a percentage, was 186 in *Campsis radicans* and 212 % in *Lonicera caprifolium*.

References

1. Barinov, Y., & Sokolskaya, O. (2018). An analysis of the Chinese techniques and methods in the objects of landscape heritage in the city of Saratov, Russia. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 212). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821204018>
2. Baumgartner, A., Donahoo, M., Chitwood, D. H., & Peppe, D. J. (2020). The influences of environmental change and development on leaf shape in *Vitis*. *American Journal of Botany*, *107*(4), 676–688. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1460>
3. Jachula, J., Denisow, B., & Strzałkowska-Abramek, M. (2019). Floral reward and insect visitors in six ornamental *Lonicera* species – Plants suitable for urban bee-friendly gardens. *Urban Forestry and Urban Greening*, *44*. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126390>
4. Jeberean, M. G., Bala, M., Berar, C., Tota, C. E., & Silivasan, M. (2018). Results regarding the effect of cutting length on the rooting percentage with *Campsis radicans*. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM* (Vol. 18, pp. 549–556).
5. Jiang-bao, X., Shu-Yong, Z., Guang-Can, Z., Wen-Jun, X., & Zhao-Hua, L. (2011). Critical responses of photosynthetic efficiency in *Campsis radicans* (L.) Seem to soil water and light intensities. *African Journal of Biotechnology*, *10*(77), 17748–17754. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2208>
6. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., & Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 115). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/115/1/012009>
7. Liu, H. (2013). The application of lianas to urban vertical planting- A case study of Haizhu district of Guangzhou city, China. *Advanced Materials Research*, *807-809*, 1852–1855. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.807-809.1852>
8. Melikhov, V. V., Novikov, A. A., Medvedeva, L. N., & Komarova, O. P. (2017). Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy. *Contributions to Economics*, (9783319454610), 365–382. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45462-7_37
9. Novikova, L. Y., & Naumova, L. G. (2019). Structuring ampelographic collections by phenotypic characteristics and comparing the reaction of grape varieties to climate change. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii*, *23*(6), 772–779. <https://doi.org/10.18699/VJ19.551>
10. Peng, Z.-H., & Zhang, X.-D. (2004). Discussion on important role of trees in urban forest. *Forest Research*, *17*(5), 666–673.
11. Potienko, N., Kuznetsova, A., & Soya, D. (2020). Green energy technologies of tall buildings for air pollution abatement in metropolises. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *982*, 105–115. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_11
12. Safikhani, T., Abdullah, A. M., Ossen, D. R., & Baharvand, M. (2014). Thermal impacts of vertical greenery systems. *Environmental and Climate Technologies*, *14*(1), 5–11. <https://doi.org/10.1515/rtuct-2014-0007>
13. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. S., Semenyutina, V. A., & Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, *110*(2), 361–368. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v110i2.10>
14. Semenyutina, A. V., Semenyutina, V. A., Khuzhakhmetova, A. S., & Svintsov, I. P. (2019). The decrease in the concentration of formaldehyde in the environment of aluminosilicate sorbents. *Key Engineering Materials*, *802*, 57–68. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.802.57>
15. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, *9*(10), 1415–1422.
16. Shchepeleva, A. S., Vasenev, V. I., Mazirov, I. M., Vasenev, I. I., Prokhorov, I. S., & Gosse, D. D. (2017). Changes of soil organic carbon stocks and CO₂ emissions at the early stages of urban turf grasses' development. *Urban Ecosystems*, *20*(2), 309–321. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0594-5>

17. Wong, N. H., Kwang Tan, A. Y., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P. Y., Chan, D., ... Wong, N. C. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, *45*(3), 663–672. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.005>
18. Xing, X.-Y., Hao, P.-Y., & Dong, L. (2019). Color characteristics of Beijing's regional woody vegetation based on Natural Color System. *Color Research and Application*, *44*(4), 595–612. <https://doi.org/10.1002/col.22375>