

ISSN 1993-0135

ХВОЙНЫЕ



БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

2024

Том XLII
Номер 6

<http://www.sibsau.ru>

Красноярск

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева

ХВОЙНЫЕ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Теоретический и научно-практический журнал

Том XLII
№ 6

Красноярск
2024

ХВОЙНЫЕ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Теоретический и научно-практический журнал

Том XLII, № 6

Журнал основан в 1962 г.
(до 2002 г. носил название «Лиственница»).

Выходит 6 раз в год

Главный редактор

Братилова Наталья Петровна, д.с.-х.н. профессор

Ответственный секретарь

Коротков Александр Анатольевич, к.с.-х.н., доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Авдеева Елена Владимировна, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Алашкевич Юрий Давыдович, д.т.н., профессор, академик Российской академии образования (РАО) (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Бабич Николай Алексеевич, д.с.-х.н., профессор (САФУ, Архангельск)
Бессчетнов Владимир Петрович, д.б.н., профессор (НГСХА, Нижний Новгород)
Верховец Сергей Владимирович, к.с.-х.н., доцент (проректор по перспективным проектам СФУ, Красноярск)
Выводцев Николай Васильевич, д.с.-х.н., профессор (Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)
Ермолин Владимир Николаевич, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Залесов Сергей Вениаминович, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)
Иванов Валерий Александрович, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Кобаяси Рёсукэ, к.с.-х.н. (Центр полевых биосферных исследований Севера, Университет Хоккайдо)
Казаков Яков Владимирович, д.т.н. (САФУ, Архангельск)
Крутовский Константин Валерьевич, профессор (Техасский агрохимический университет, США)
Кузнецов Борис Николаевич, д.х.н., профессор (ИХХТ СО РАН, Красноярск)
Матвеева Римма Никитична, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Мельник Пётр Григорьевич, к.с.-х.н., доцент, МГТУ им. Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет); старший научный сотрудник, Институт лесоведения Российской академии наук
Нагимов Зуфар Ягфарович, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)
Нимц Петер, профессор (Институт строительных материалов и физики древесины (IfB) Высшей швейцарской технической школы (ETH), Цюрих, Швейцария)
Огурцов Виктор Владимирович, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Онучин Александр Александрович, д.б.н., профессор (ИЛ СО РАН, Красноярск)
Пен Роберт Зусьевич, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Плотников Сергей Михайлович, д.т.н., профессор (ИрГУПС, Красноярск)
Прохоров Валерий Николаевич, д.б.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь)
Рязанова Татьяна Васильевна, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Сафин Руслан Рушанович, д.т.н., профессор (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань)
Селиховкин Андрей Витимович, д.б.н., профессор (СПбЛТА им. Кирова, Санкт-Петербург)
Стороженко Владимир Григорьевич, д.б.н. (Институт лесоведения РАН, Москва)
Субоч Георгий Анатольевич, д.х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Суховольский Владислав Григорьевич, д.б.н., профессор (ИЛ СО РАН, Красноярск)
Усольцев Владимир Андреевич, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)
Шевелев Сергей Леонидович, д.с.-х.н. профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Якубов Харис Галиулович, д.б.н., профессор (МГУ, Москва)

CONIFERS of the BOREAL AREA

Theoretical and Applied Research Journal

Volume XLII, No. 6

The journal was founded in 1962
(Prior to 2002 it had the title «Larch»).

Issued 6 times a year

Editor-In-Chief

Dr. Natalia P. Bratilova, Professor

Executive secretary

PhD. Aleksandr A. Korotkov, Associate Professor

EDITORIAL BOARD:

Avdeeva Elena V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Alashkevich Yuri D., Dr. Sc. in Engineering, Professor, Academician of the Russian Academy of Education (RAO) (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Babich Nikolay A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk)
Besschetnov Vladimir P., Dr. Sc. in Biology, Professor (Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod)
Ermolin Vladimir N., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Ivanov Valery A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Kobayashi Ryosuke, Cand. Sc. in Agriculture, North Field Biosphere Research Center (Hokkaido University)
Kazakov Yakov V., Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor (Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk)
Krutovsky Konstantin V., Professor (Texas A&M University, College Station, USA)
Kuznetsov Boris N., Dr. Sc. in Chemistry, Professor (Institute of Chemistry and Chemical Technology, Krasnoyarsk)
Matveeva Rimma N., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Melnik Pyotr G., Cand. Sc. in Agriculture, Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University (National Research University); Senior Researcher, Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences
Nagimov Zufar Ya., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)
Niemz Peter, Professor (Institute for Building Materials and Wood Physics (IfB) at Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland)
Ogurtsov Victor V., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Onuchin Alexandr A., Dr. Sc. in Biology, Professor (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk)
Pen Robert Z., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Plotnikov Sergey. M., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk)
Prokhorov Valery V., Dr. Sc. in Biology, Professor, Associate Member of the National Academy of Sciences of Belarus (Institute of experimental botany of NAS of Belarus, Minsk, Belarus)
Ryazanova Tatyana V., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Safin Ruslan R., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Kazan National Research Technological University, Kazan)
Selikhovkin Andrey V., Dr. Sc. in Biology, Professor (Saint-Petersburg State Forest-Technical Academy)
Shevelev Sergei L., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Storojenko Vladimir G., Dr. Sc. in Biology, Professor (Institute of Forest Sciences, Moscow)
Suboch Georgii A., Dr. Sc. in Chemistry, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)
Soukhovolsky Vladislav G., Dr. Sc. in Biology, Professor (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk)
Verkhovets Sergei V., Cand. Sc. in Agriculture, Docent (Vice-Rector for Advanced Projects of SFU, Krasnoyarsk)
Vyvodtsev Nikolay V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Pacific National University, Khabarovsk)
Usoltsev Vladimir A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)
Zalesov Sergey V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)
Yakubov Haris H. Dr. Sc. in Biology, Professor (Moscow State University, Moscow)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-70531 от 25 июля 2017 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Certificate of Registration as a Mass Media Resource.
Certificate: PI No. FC77-70531, dated 25 July 2017,
given by The Federal Service for Supervision of Communications,
Information Technology and Mass Media

Статьи в журнале публикуются бесплатно после обязательного рецензирования
и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции (www.hbz.sibsau.ru).

Журнал выходит 6 раз в год.

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки
(<http://www.elibrary.ru>) и сайте журнала (<https://hbz.sibsau.ru/>)

При перепечатке или цитировании материалов из журнала
«Хвойные бореальной зоны» ссылка обязательна

Номер подписного индекса в каталоге «Книга-Сервис» Е63087, «Пресса России» 63087

Учредитель и издатель

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева» (СибГУ им. М. Ф. Решетнева)

Адрес учредителя и издателя

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
Российская Федерация, 660037, Красноярск,
проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 31

Адрес редакции

Российская Федерация, 660049, Красноярск, просп. Мира, 82, каб. ц-01а
Редакция журнала «Хвойные бореальной зоны»
Тел. (391) 266-03-96, e-mail: hbz@sibsau.ru, www.hbz.sibsau.ru

Address: Editorial office of the journal “Conifers of the Boreal Area”
82, Mira Av., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation.
Department of Forest Plantation
Phone: (391) 266-03-96, e-mail: hbz@sibsau.ru, www.hbz.sibsau.ru

Ответственный редактор А. А. Коротков.
Корректор П. С. Бороздов. Оригинал-макет и верстка Л. В. Звонаревой.

Подписано в печать 23.12.2024. Дата выхода в свет 14.02.2025. Формат 70×108/8.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 11,39. Уч.-изд. л. 15,2. Тираж 700 экз.
Заказ 3534. С 1027/24. Цена свободная.

Редакционно-издательский отдел СибГУ им. М. Ф. Решетнева.
660037, Красноярский край, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
E-mail: rio@mail.sibsau.ru. Тел. (391) 291-90-96.

Отпечатано в редакционно-издательском центре СибГУ им. М. Ф. Решетнева.
660049, Красноярский край, г. Красноярск, просп. Мира, 82. Тел. (391) 222-73-28.

Содержание

ОТ РЕДАКЦИИ

Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Елисеев С. Г. Всеволод Михайлович Крутовский – создатель ботанического сада	7
--	---

ЮБИЛЕИ

Иванов В. А., Жук А. Ю., Гарус И. А. Елена Михайловна Рунова	11
Братилова Н. П., Матвеева Р. Н. Ольга Федоровна Буторова (к 80-летию со дня рождения)	13

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Рунова Е. М., Гнаткович П. С. Оценка перспективности декоративных форм и сортов сосны горной (<i>Pinus Mugo</i>) для озеленения городов Сибири	14
Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Сунгурова Н. Р., Маякова А. А., Вышегородцев А. В. Содержание и баланс запасных веществ в побегах магонии падуболистной при интродукции в Нижегородскую область	23
Коновалов В. Ф., Рафикова Д. А. Оценка генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях в Башкирском Предуралье	34
Ступакова О. М., Аксянова Т. Ю. Селекционная оценка сортов тополя	44
Титов Е. В. Пыльцесмесь – показатель разнокачественности родителей при гибридизации кедра сибирского	50
Выводцев Н. В., Грек В. С., Выходцев С. М., Жариков В. Ю., Станюга С. И., Ткаченко Н. Г. Нормативы для таксации древостоев клена зеленокорого	59
Григорьева С. О., Матвеева Р. Н., Моксина Н. В., Коломыцев М. В. Плодоношение маточных деревьев яблони, использованных для гибридизации в ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского	65
Коновалова И. С., Коновалов Д. Ю., Клевцов Д. Н. Фитоценотический подход к оценке трансформации культурфитоценозов в северной части Восточно-Европейской равнины	71
Авдеева Е. В., Иванов Д. В. Влияние техногенных воздействий на жизненное состояние кустарников в условиях урбанизированной среды (на примере города Красноярск)	79
Залывская О. С., Шапран К. С. Видовое разнообразие североамериканской дендрофлоры в Архангельской агломерации	85
Мамонтова Е. С., Ерохина З. В., Лукина А. В., Третьякова И. Н. Семенная продуктивность ели в насаждениях города Красноярск и введение ее эксплантов в культуру <i>in vitro</i>	93
Авторская ссылка	98

Contents

FROM EDITORIAL BOARD

Matveeva R. N., Butorova O. F., Eliseev S. G. Vsevolod Mikhailovich Krutovsky – creator of the botanical garden	7
--	---

JUBILEES

Ivanov V. A. Zhuk A. Yu., Garus I. A. Elena Mikhailovna Runova	11
Bratilova N. P., Matveeva R. N. Olga Fedorovna Butorova (on the 80th anniversary of her birth)	13

BIOLOGY AND ECOLOGY, FORESTRY

Runova E. M., Gnatkovich P. S. Assessment of the prospects of decorative forms and varieties of mountain pine (<i>Pinus mugo</i>) for greening of Siberian cities	14
Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Sungurova N. R., Mayakova A. A., Vyshegorodtsev A. V. The content and balance of spare substances in the common ninebark shoots during introduction to the Nizhny Novgorod region	23
Konovalov V. F., Rafikova D. A. Assessment of genetic variability of scots pine plus trees on forest-seed plantations in Bashkir Cis-Urals	34
Stupakova O. M., Aksyanova T. Yu. Selection assessment of poplar varieties	44
Titov E. V. Pollen mixture as an indicator of the heterogeneity of parents during hybridization of pinus siberica	50
Vyvodtsev N. V., Grek V. S., Vykhodtsev C. M., Zharikov V. Yu., Stanoga C. I., Tkachenko N. G. Discharge volume scale for inventory of green maple stands	59
Grigorieva S. O., Matveeva R. N., Moksina N. V., Kolomytsev M. V. Fruit-bearing of rotherhood apple trees used for hybridization at the Vs. Krutovsky botanical garden	65
Konovalova I. S., Konovalov D. Yu., Klevtsov D. N. Phytocenotic approach to assessing the transformation of forest crops in the northern part of the East European plain	71
Avdeeva E. V., Ivanov D. V. Influence of technogenic impacts on the vital state of bushes in an urbanised environment (on the example of Krasnoyarsk)	79
Zalivskaya O. S., Shapran K. S. Species diversity of representatives of the north american dendroflora in the Arkhangelsk agglomeration	85
Mamontova E. S., Erokhina Z. V., Lukina A. V., Tretyakova I. N. The seed productivity of spruce in the plantations of Krasnoyarsk and the introduction of its explants into culture in vitro	93
Author's link	98

УДК 58.007

DOI: 10.53374/1993-0135-2024-6-7-10

Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 6. С. 7–10

ВСЕВОЛОД МИХАЙЛОВИЧ КРУТОВСКИЙ – СОЗДАТЕЛЬ БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, С. Г. Елисеев

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 7–10

VSEVOLOD MIKHAILOVICH KRUTOVSKY – CREATOR OF THE BOTANICAL GARDEN

R. N. Matveeva, O. F. Butorova, S. G. Eliseev

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation



Всеволод Михайлович Крутовский является создателем уникального сада в пригородной зоне Красноярска, которому с 1996 г. придан статус Ботанического им. Вс. М. Крутовского.

Вс. М. Крутовский родился 30 декабря (по «старому стилю») 1864 года в г. Красноярске. Его отец родом из Владимирской области, был золотопромыш-

ленником, имея три прииска (Калифорнийский, Ефимовский, Михайло-Еленинский) в Удереиской тайге [Лалетина, 1995].

Всеволод Михайлович учился в Красноярской классической гимназии. В 1884 году поступил в Петербургский университет на естественный факультет и обучался там до 1888 года. Неоднократно отчислял-

ся, затем снова поступал и окончательно был отчислен «за неблагонадежность»: распространение листовок, укрытие в своей квартире бежавшего из Бутырской тюрьмы, подозрение в причастности в покушении на Александра III. Перед ним был выбор: три года ссылки или выезд за границу. Он уехал за границу и прожил там с 1888 по 1903 гг. Первоначально в Италии, с 1889 года – во Франции, где учился на вечернем отделении в Антропологической школе Парижа и занимался изучением общей биологии в лаборатории профессора Пуше.

В 1893 году он переехал в Лондон, где занимался в Британском музее и в течение двух лет читал лекции по общей биологии в Народном университете. За время эмиграции Всеволод Михайлович в совершенстве освоил английский, французский языки. Он неоднократно приезжал в г. Красноярск к своему брату Владимиру Михайловичу, известному врачу, публицисту, общественному деятелю, который арендовал ему участок под сад на правом берегу Енисея [Лалетина, 1995].

В 1900 г. участок был разбит под опытный плодородный сад. По возвращении из заграницы в 1904 г. он сообщал, что «я сам руководил постановкой в нем опытов по моей идее стелющегося сада из российских и европейских сортов» [Лалетина, 1995]. На участке он посадил несколько деревьев «различных крупноплодных среднерусских сортов...» В 1904 г. и 1915 гг. Вс. М. Крутовский оба раза, когда возвращался в Красноярск из ссылки, работал в саду. Он выписывал семена, сеянцы, саженцы разных сортов и видов плодово-ягодных культур от садоводов России и зарубежья. Занимался опытами по выращиванию яблони в арктической (стланцевой) форме [Симаков, 1948].

На территории сада было построено жилое помещение, однако, опасаясь заключения и ссылки за постоянные выступления на митингах и работу в газете, он пытался эмигрировать в 1906 г. в Финляндию, но был арестован и отправлен в Александровский центр, оттуда – на Лену в г. Киренск, где отбыл и ссылку и год в тюрьме. Через три года он был выслан генерал-губернатором Восточной Сибири за пределы края [Лалетина, 1995]. С 1909 по 1915 гг. Всеволод Михайлович жил в Томске, являясь неофициальным редактором газеты «Сибирская жизнь» и осуществляя письменное руководство работами, проводимыми в саду.

В 1915 г., вернувшись в Красноярск, работал секретарем съезда золотопромышленников Южной Тайги; в 1917–1920 гг. – управляющим делами Енисейского общества страхования рабочих и в 1918–1920 гг. – президентом Красноярского отделения географического общества и продолжал опытные работы по формированию сада.

Известно, что идея выращивания плодовых растений в стелющейся форме возникла у Вс. М. Крутовского еще в 1889 г., когда он занимался изучением биологии в лаборатории профессора Пуше в Париже. И эта идея укрепилась во время его пребывания в Лондоне с 1893 по 1904 годы, когда он случайно познакомился с импортной торговлей канадскими

плодами. Будучи коренным сибиряком, Вс. М. Крутовский заинтересовался проблемой плодородства в Сибири. Так, он писал, что «во время моей краткосрочной поездки в Сибирь в 1894 г. я арендовал близ Красноярска (на правом берегу Енисея) участок в 2 га и сделал посадку плодовых деревьев. Эта попытка хотя и кончилась неудачей, все же побудила меня еще три раза приехать из Англии в Сибирь и возобновить свои опыты». Было установлено, что причиной гибели плодовых растений являются не зимние морозы, а резкие перепады температур вследствие диссикации клеточного сока. При постепенном понижении до минус 40–60 °C и постепенном повышении температуры деревья груши и яблони не только не погибали, но и нормально цвели и плодоносили. Во Франции он ознакомился с «кордонной» формой выращивания яблони и груши, в частности, с одно- и двуплечими горизонтальными кордонами [Матвеева и др., 2006].

Известно, что системы кордонов и специальные способы формирования плодовых деревьев в России были разработаны Р. И. Шредером и Н. Ф. Кащенко [Воробьев, 1997]. Однако практическое воплощение идеи стелющегося сада принадлежит Вс. М. Крутовскому и омскому плодоводу А. Д. Кизюрину. Всеволод Михайлович продолжил опытные работы по выращиванию плодовых растений, используя вертикальную посадку в виде двуплечего кордона и наклонную. Осенью деревья, посаженные вертикально, были пригнуты под прямым углом и прищиплены деревянными крючками. Высота штамба – от 15 до 30 см. Выросшие из пригнутых стволиков ветви ежегодно пригибались и прищипывались. В течение всей жизни кроны деревьев находились в низко пригнутом горизонтальном положении [Симаков, 1994]. Деревья такой формы отличались хорошим ростом, не подмерзали и давали высокий урожай крупных плодов. Так, И. М. Леонов (1970) сообщал, что в саду Крутовского были получены ранние урожаи от растений 6–10-летнего возраста: сортов Грушовка московская, Папировка, Славянка. Средний урожай с одного экземпляра составлял, соответственно, 27, 16, 12 кг. В 36–40-летнем возрасте Грушовка московская и Папировка дали урожай 89 и 83 кг, в 65-летнем возрасте Папировка имела урожай до 300 кг с дерева. Форму выращивания Вс. М. Крутовский назвал «Арктический стланец», впоследствии получившую название «Красноярский стланец» [Симаков, 1994].

Деревья, высаженные в наклонной форме без последующих пригибаний, подмерзали, давали слабый урожай и постепенно погибали. Неудачные опыты многих сибирских садоводов, выращивающих крупноплодные среднерусские сорта яблони в открытой форме, указывали на необходимость защиты деревьев в зимний период для предотвращения воздействий резкого колебания температур, что позволяла предложенная Вс. М. Крутовским стелющаяся форма.

Начиная с 1906 г., Вс. М. Крутовский проводил большую работу по выведению холодостойких сортов в открытой форме.

В 1920 г. Вс. М. Крутовский передал сад в хозяйство областной зональной опытной станции. Станция была создана на территории Красноярского опытного

поля на Бугаче и Всеволод Михайлович назначен заведующим станцией. Научные работы производились и в Лалетинском саду (филиале станции) на договорных началах. Это было первое опытное учреждение Сибири и Урала. После организации плодово-ягодной станции развернулась большая работа по сортоизучению, селекции и агротехнике.

В 1922 г. по инициативе Вс. М. Крутовского был организован филиал на Тагарском острове близ Минусинска на базе бывшего древесного питомника Лесного ведомства.

Н. Е. Лалетина (1995) отмечает, что А. С. Толмачева называет Вс. М. Крутовского одним из основоположников садоводства в Сибири, так как им впервые разработана и применена стелющаяся культура крупноплодных сортов яблони, груши, сливы; выведено несколько сортов яблони «путем отбора сеянцев при свободном опылении, 11 сортов сливы, два сорта крыжовника, два сорта груши. В небольшом объеме Вс. М. Крутовский осуществлял гибридизацию крупноплодных сортов с яблоней сибирской». С 1906 по 1945 гг. Всеволод Михайлович для своей работы использовал сорта, полученные другими садоводами, в том числе братом Владимиром Крутовским, также известным в Сибири селекционером.

В 1921 г. в г. Омске состоялась первая Всесибирская конференция по опытному делу, в 1922 г. – в г. Иркутске, где Вс. М. Крутовский выступал с докладами. За работы по плодоводству он получил премию. В 1936 г. Вс. М. Крутовский получил премию в размере 1000 рублей от Народного Комиссариата земледелия РСФСР за выведение сортов яблони Желтое наливное, Алхас, Лалетино и др. и за применение в Красноярском крае стелющейся формы плодовых деревьев.

Его открытие и детальная разработка выращивания яблонь, груш, слив российских и зарубежных сортов в стелющейся «арктической» форме произвело революцию в сибирском плодоводстве. Урожайность стелющихся яблонь при правильном уходе очень высокая. У яблони, имеющей такую форму, урожай в возрасте 39 лет составлял до 253 кг с дерева, в возрасте 60–65 лет – до 300–350 кг. В 1954 г. в Красноярском крае было 532 га стелющихся садов, в которых было собрано 3 296 центнеров яблок с площади 106 га.

Такие авторитетные специалисты, как профессора П. Г. Шитт, С. И. Исаев, американский ученый-помолог Н. Е. Гансен, ознакомившись в саду с достижениями Вс. М. Крутовского, оценивали их высоко. Так, С. И. Исаев (1953) писал в газете «Красноярский рабочий»: «Заслуживают большого внимания опыты Крутовского по выращиванию крупноплодных культурных пород в так называемой „арктической форме”». Н. Е. Гансен, посетивший сад в 1937 г., отмечал, что «сад Крутовского является маленьким раем в сибирской пустыне». Он взял около трех десятков черенков сливы, яблони для размножения, изучения, использования в селекционной работе на опытной станции Южная Дакота в США. Он высоко оценил вкусовые качества отборного сеянца сливы № 3, а также сорта яблони Желтое наливное и Алхас.

В 1927 г. была опубликована книга Вс. М. Крутовского «Как крестьянину Средней Сибири устроить плодовый сад». По содержанию она охватывала общие вопросы о разведении плодовых растений, выборе сортов, размножении их прививками, уходах и борьбе с вредителями сада. О результатах своих работ Вс. М. Крутовский писал следующее: «Мое открытие и детальная разработка выращивания яблонь, груш, слив российских и зарубежных сортов в „стелющейся” арктической форме произвело революцию в сибирском плодоводстве».

Начиная с 1920 г. Всеволод Михайлович занялся выращиванием в своем саду сортов груши дальневосточного селекционера А. М. Лукашева. Было выращено большое количество сеянцев груши уссурийской и сливы уссурийской, на основе которых селекционерами Красноярской плодово-ягодной станции отобраны и выведены сорта.

Всеволод Михайлович, также, как и Владимир Михайлович, получал семена, черенки яблони и других плодовых растений из европейской части, Амурского, Хабаровского краев, Сахалина, отмечая, что между климатом уссурийской тайги и Енисейской губернии есть что-то общее, так как многие растения, взятые из уссурийского края, культивировались хорошо [Крутовский, 1926, 1927]. На нижней террасе Енисея росли абрикос маньчжурский, бархат амурский, виноград амурский, вишни монгольская, степная уфимская, лещина маньчжурская, облепиха крушиновая, орех черный, смородины дикуша, душистая; черемуха виргинская, яблони маньчжурская, сахалинская, уссурийская [Крутовский, 1926а].

Достижения и экспонаты Вс. М. Крутовского были отмечены в 1923 г. на первой сельскохозяйственной выставке в Москве. Приезжала специальная комиссия, которая наметила выкопать из Лалетинского сада несколько яблонь в «арктической форме» для посадки на территории выставки в Москве. Две яблони 26–28-летнего возраста были посажены на территории ВДНХ.

В 1925 году на первой Всесибирской выставке он получил высшую награду «за многолетнюю плодотворную деятельность по плодоводству».

В 1936 году Народный комиссариат земледелия РСФСР премировал Вс. М. Крутовского «за выведение новых сортов плодово-ягодных растений».

В 1938 г. братья Крутовские были арестованы по обвинению в антисоветской деятельности. В декабре 1938 г. Владимир Михайлович скончался в тюремной больнице, в 1940 г. Всеволод Михайлович – освобожден «за недостаточностью предъявленного обвинения».

Скончался Вс. М. Крутовский 23 апреля 1945 г. и был похоронен на территории сада.

В 60–70-е годы в связи со строительством Красноярской ГЭС сад Лалетинского филиала пересекли две дороги, большая часть сада была уничтожена.

От плодово-ягодной станции сад Вс. М. Крутовского был передан комбинату по благоустройству и озеленению Свердловского района, затем в ведение Красноярского мехлесхоза; с 23 июня 1988 г. Сибирскому государственному технологическому университету (ныне СибГУ им. М. Ф. Решетнева).

С этого момента начались работы по восстановлению сортов стелющихся форм яблони, выращиванию привитого посадочного материала с использованием черенков, заготовленных в саду Крутовского. С целью продолжения работ, начатых Всеволодом Михайловичем, уточнены сорта яблони в мемориальной части сада под руководством профессоров Р. Н. Матвеевой, О. Ф. Буторовой, Н. П. Братиловой, кандидатов с.-х. наук Н. В. Моксиной, М. В. Репях. Работы выполняются с участием аспирантов и студентов.

Ботанический сад им. Вс. М. Крутовского подлежит охране как уникальный памятник природы. Деревья, выращиваемые в стелющейся форме, и в настоящее время в возрасте 120 лет, дают хорошие урожаи. О подобных яблонях, обильно плодоносящих в 80-летнем возрасте на Валаамовых островах (Ладожское озеро), писал Н. Г. Жучков в 1957 г. [Лалетина, 1995].

Сад Вс. М. Крутовского представляет собой уникальную коллекцию культурных сортов яблони, выведенных сибирскими, европейскими, зарубежными садоводами и произрастающих в стелющейся форме.

В настоящее время Ботанический сад им. Вс. М. Крутовского является структурным подразделением института лесных технологий СибГУ им. М. Ф. Решетнева. На базе сада осуществляется образовательная деятельность по программам «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело». Реализуются программы дополнительного образования, проводятся мастер-классы по прививке, черенкованию, посадке и уходам за плодовыми растениями в условиях Сибирского региона. Активно ведутся исследования в области интродукции и селекции плодовых и декоративных растений. Сформирована обширная коллекция интродуцентов, включающая более 200 видов из различных регионов. В Ботаническом саду силами сотрудников и студен-

тов института лесных технологий выращивается сортовой посадочный материал плодовых и декоративных растений для озеленения города и садоводов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

Лалетина Н. Е. Яблочный спас. Красноярск : Кн. изд.-во, 1995. 303 с.

Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Моксина Н. В., Репях М. В. Селекция яблони в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского. Красноярск : СибГТУ, 2006. 357 с.

Симаков Н. С. К 130-летию Всеволода Михайловича Крутовского // Проблемы химико-лесного комплекса. Красноярск, 1994. С. 132–144.

Воробьев Б. Н. Сибирский яблоневиный сад // Флора. 1997. № 5. С. 42–45.

Леонов И. М. Стелющийся сад в Сибири. Новосибирск : Зап. Сиб. кн. изд.-во, 1970. 82 с.

REFERENCES

Laletina N. E. Yablochnii spas. Krasnoyarsk : Kn. izd.-vo, 1995. 303 s.

Matveeva R. N. Butorova O. F. Moksina N. V. Repyah M. V. Selekcija yabloni v Botanicheskom sadu im. Vs. M. Krutovskogo. Krasnoyarsk : SibGTU, 2006. 357 s.

Simakov N. S. K 130-letiyu Vsevoloda Mihailo vicha Krutovskogo // Problemi himiko lesnogo kompleksa. Krasnoyarsk, 1994. S. 132–144.

Vorobev B. N. Sibirskii yablonevii sad // Flora. 1997. № 5. S. 42–45.

Leonov I. M. Stelyuschiisya sad v Sibiri. Novosibirsk Zap. Sib. kn. Izd-vo, 1970. 82 s.

© Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф.,
Елисеев С. Г., 2024

Поступила в редакцию 15.10.2024
Принята к печати 23.12.2024

ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА РУНОВА



7 октября 2024 года исполнилось 70 лет со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, профессора базовой кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов Братского государственного университета Руновой Елены Михайловны.

Рунова Елена Михайловна родилась в городе Бобруйске Могилевской области республики Белоруссия. После окончания школы поступила в Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова на лесохозяйственный факультет (специализация «Озеленение населенных мест»), который с отличием окончила в 1977 году и всю свою жизнь связала с науками о лесе, а также с подготовкой научных и педагогических кадров для лесной отрасли. С 1977 по 1980 годы обучалась в аспирантуре при Белорусском технологическом институте им. С. М. Кирова по научной специальности 06.03.03 «Лесоведение, лесоводство, защитное лесоразведение; лесные пожары и борьба с ними». В 1983 году успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Лесоводственные основы рубок формирования ландшафтов в сосновых насаждениях» по научной специальности 06.03.03 «Лесоведение, лесоводство, защитное лесоразведение; лесные пожары и борьба с ними» (г. Минск, Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова). С 1980 по 1985 годы работала инженером – лесоустроителем в Белорусском лесоустроительном предприятии, старшим техником Бобруйского опытного лесхоза, получила большой опыт практической работы.

В 1985 году была приглашена в Братский государственный университет, и связала с ним всю свою преподавательскую, научную и просветительскую дея-

тельность. Работала доцентом, профессором, заведующей кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства, деканом лесопромышленного факультета. В 2000 защитила докторскую диссертацию по научной специальности 03.00.16 – «Экология» на тему: «Влияние техногенного загрязнения на состояние хвойных древостоев». В 2002 Елене Михайловне присвоено ученое звание профессора по кафедре «Технологии и оборудования лесопромышленного производства». Имеет более 600 научных и учебно-методических работ, включая 15 учебных пособий, в том числе изданных в центральных изданиях (Издательство «Лань»), 5 монографий, в том числе в зарубежных изданиях. Имеет 13 патентов и авторских свидетельств. С 2002 года по 2011 годы была членом и председателем диссертационных советов при «Братском государственном университете».

Рунова Е. М. заботится о развитии высшего и послевузовского образования в Иркутской области. При непосредственном участии Елены Михайловны в университете было открыто направление подготовки бакалавров «Лесное дело» и магистерской подготовки «Лесное дело», а также специальности «Садовод-парковое и ландшафтное строительство», магистратура по профилю ландшафтная архитектура.

В рамках единого заказа – наряда Министерства образования и науки Российской Федерации многие годы была руководителем финансируемых госбюджетных научно-исследовательских тем, связанных с разработкой экологически безопасных технологий лесозаготовок и лесопользования в лесах, подверженных техногенному загрязнению Иркутской области.

Рунова Е. М. руководит научной школой «Братского государственного университета» «Экология и рациональное лесопользование Северных территорий». Российская Академия Естествознания присвоила Елене Михайловне почетное звание Основатель научной школы «Сохранение экологического равновесия и биологического разнообразия при антропогенном воздействии лесные биогеоценозы».

Е. М. Рунова является научным руководителем аспирантов по научной специальности: 4.1.6 «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация». Подготовила 21 кандидата и 2 доктора наук, которые успешно работают в Братском государственном университете и в других высших учебных заведениях Российской Федерации. Елена Михайловна много сил отдает студенческой науке и подготовке кадров высшей квалификации. Научные работы студентов были победителями всероссийских конкурсов и олимпиад, а также конкурсов выпускных квалификационных работ высших учебных заведений государств СНГ по лесному хозяйству.

Елена Михайловна задумала и осуществила в жизнь идею создания дендрария для Северных территорий Иркутской области, в котором ведутся исследования по интродукции декоративных древесных растений. Является членом редакционных коллегий журналов «Системы, методы, технологии», «Вестник Бурятской сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова», «Вестник АГАТУ», «Международ-

ный журнал прикладных и фундаментальных исследований», «Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки». Участвует в рецензировании публикаций в журналах «Системы, методы, технологии», «Вестник АГАТУ» «Успехи современного естествознания», «Природообустройство», «Лесотехнический журнал». Елена Михайловна награждена Почетной грамотой Министерства высшего, профессионального образования Российской Федерации, нагрудным знаком «Почетный работник высшего образования». Почетные звания и награды: Ветеран труда (2000 г.); благодарность Председателя Законодательного Собрания Иркутской области (2013 г.); почетная грамота мэра города Братска (2011 г.); грамотой СО РАН. Елена Михайловна является член – корреспондентом Сибирской Академии наук высшей школы (САН ВШ); академиком Российской академии Естествознания. Рунова Е. М. неоднократно участвовала в аккредитации вузов в качестве эксперта. Является членом реестра экспертов Ассоциации «ЛЕСТЕХ». В 2022 году стала победителем конкурса «Золотые имена высшей школы» в номинации «За подготовку научных и педагогических кадров».

Е. М. Рунова полна новых планов, окружена единомышленниками и учениками. Хочется от души пожелать юбиляру новых творческих успехов, достойных учеников, новых успехов в науке, образовании, новых научных и образовательных вершин.

Первый проректор ФБГОУ ВО «Братский государственный университет»
В. А. ИВАНОВ

Декан факультета транспортных систем и лесного комплекса
А. Ю. ЖУК

Заведующий базовой кафедрой воспроизводства и переработки лесных ресурсов
И. А. ГАРУС

Братский государственный университет

БУТОРОВА ОЛЬГА ФЕДОРОВНА
(к 80-летию со дня рождения)



13 декабря 2024 г. исполнилось 80 лет со дня рождения известного специалиста в области лесной селекции и интродукции древесных растений, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ольги Федоровны Буторовой.

Родилась она в г. Якутске. В 1967 г. окончила Сибирский технологический институт и стала работать младшим научным сотрудником на кафедре лесных культур, затем ассистентом, старшим преподавателем. В 1976 году поступила в заочную аспирантуру. Под руководством доктора сельскохозяйственных наук В. В. Огиевского защитила кандидатскую диссертацию. В 1996 г. защитила докторскую диссертацию «Биологические основы выращивания сеянцев и лесных культур в Восточной Сибири».

Ольга Федоровна внесла большой вклад в развитие лесного хозяйства и образования в Сибири. Она является автором и соавтором многочисленных научных публикаций, в том числе 35 монографий, один учебник, несколько десятков учебных пособий и методических указаний, 17 нормативно-технической

документаций, включая ГОСТы, технические, республиканские условия, базы данных. Была ответственным исполнителем научно-исследовательских работ по кафедре селекции и озеленения, в дендрарии СибГУ; руководила созданием интродукционного отделения в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского, где насчитывается около 250 видов древесных растений. Среди ее учеников есть 5 кандидатов сельскохозяйственных наук по темам интродукции, плодоводства. Она является зам. председателя диссертационного совета в СибГУ. Участвует в редколлегии журналов «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений», «Молодые ученые».

Работа О. Ф. Буторовой получила высокое и заслуженное признание. Она награждена многими ведомственными наградами, грамотами и благодарственными письмами, в том числе от губернатора Красноярского края.

Поздравляем Ольгу Федоровну с юбилеем и желаем ей здоровья, счастья, новых творческих успехов!

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав.кафедрой селекции и озеленения
СибГУ им. академика М. Ф. Решетнева
Н. П. БРАТИЛОВА

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
СибГУ им. академика М. Ф. Решетнева
Р. Н. МАТВЕЕВА

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ДЕКОРАТИВНЫХ ФОРМ И СОРТОВ СОСНЫ ГОРНОЙ (*PINUS MUGO*) ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДОВ СИБИРИ

Е. М. Рунова¹, П. С. Гнаткович²

¹Братский государственный университет
Российская Федерация, Иркутская область, 665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40
E-mail: rector@brstu.ru

²Филиал Байкальского государственного университета
Российская Федерация, Иркутская область, 666673, г. Усть-Илимск, ул. Ленина, 20в
E-mail: uigea@irtel.ru

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы расширения ассортимента древесных растений для озеленения городских пространств Сибири и формирования устойчивой городской среды на примере г. Братска. Приводятся результаты исследования перспективности различных форм и сортов сосны горной для использования в зеленом строительстве и расширении флористического разнообразия городов и поселков Сибири. Обследовано более 200 экземпляров сосны горной разного возраста, в различных условиях произрастания, относящихся к 17 сортам и двум природным формам вида. Исследования перспективности горных сосен проводилось с 2015 по 2023 гг. в разных районах городской застройки, на озелененных территориях различных типов и назначений. Также было обследовано большое количество частных коллекций дендроинтродуцентов, на дачных, приусадебных, коттеджных участках. Частные сады открывают широкие возможности для интродукционных исследований многих инорайонных видов, в условиях отсутствия специальных научных учреждений. Во время многолетних исследований определялась степень вызревания побегов форм и сортов сосны горной, зимостойкость, устойчивость к солнечным ожогам ранней весной, способность к репродукции, собирались и систематизировались морфометрические данные исследованных экземпляров, количественные показатели ежегодных приростов побегов, которые характеризуют состояние и перспективы применения данных сортов и форм для озеленения городов Сибири. В статье приводятся данные по использованию сосны горной в разных условиях произрастания, использования в различных типах насаждений. В ходе исследования разработана классификация жизненных форм горных сосен, которая подразделяет все исследованные формы и сорта на полнорослые, среднерослые, карликовые и миниатюрные кустарники. Данная классификация наиболее точно отражает вариационный ряд биоморфологических признаков современных сортов сосны горной. На основе многолетнего анализа показателей интегральной оценки успешности интродукции каждой формы и сорта был присвоен определенный класс перспективности, характеризующий их применение в зеленом строительстве Братска. Формы и культивары получившие высокий класс перспективности в результате исследования рекомендуются использовать в разных формах городского озеленения и частном садоводстве на дачных и приусадебных участках.

Ключевые слова: интродуценты, сосна горная, перспективность, озеленение, хвойные.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 14–22

ASSESSMENT OF THE PROSPECTS OF DECORATIVE FORMS AND VARIETIES OF MOUNTAIN PINE (*PINUS MUGO*) FOR GREENING OF SIBERIAN CITIES

E. M. Runova¹, P. S. Gnatkovich²

¹Bratsk State University
40, Makarenko str., Bratsk, 665709, Irkutsk region, Russian Federation
E-mail: rector@brstu.ru

²Filial of Baikal State University
20v, Lenina str., Ust-Ilimsk, 666673, Irkutsk region, Russian Federation
E-mail: uigea@irtel.ru

Abstract: The article concludes the issues of expanding the range of woody plants for greening the territory of Siberia and the sustainable formation of the urban environment using the example of the city of Bratsk. As a result, studies were carried out on the prospects of various forms and varieties of mountain pine for use in green construction and expanding the floristic diversity of cities and towns in Siberia. More than 200 specimens of mountain pine of different ages, in different growing conditions, belonging to 17 varieties and small forms of the species were examined. The research into the prospects of mountain pines was carried out from 2015 to 2023 in different areas of urban development, in green areas of various types and purposes. A large number of private collections of dendrointroducers were also examined in country houses, garden plots, and cottage plots. Private gardens in the absence of special scientific institutions offer ample opportunities for introduction studies of many foreign species. During many years of research, the degree of ripening of shoots of forms and varieties of mountain pine, winter hardiness, resistance to sunburn in early spring, ability to reproduce were determined, morphometric data of the studied specimens was collected and systematized, quantitative indicators of annual growth of shoots, which characterize the condition and prospects for the use of these varieties and forms for landscaping the cities of Siberia were studied. The article provides data on the use of mountain pine in different growing conditions and use in various types of plantings. During the study, a classification of life forms of mountain pines was developed, which subdivides all studied forms and varieties into full-sized, medium-sized, dwarf and miniature shrubs. This classification most accurately reflects the variational range of biomorphological characteristics of modern mountain pine varieties. Based on the analysis of the indicators of the integral assessment of the success of introduction, each form and variety was assigned a certain class of prospects, characterizing their use in green building. The forms and cultivars that received a high class of prospects as a result of the study are recommended for use in various forms of urban landscaping and private gardening in summer cottages and household plots.

Keywords: introduced species, mountain pine, prospects, landscaping, conifers.

ВВЕДЕНИЕ

Интродукция древесных растений в населенных пунктах Восточной Сибири со сложными природно-климатическими условиями и экологической обстановкой, является ключевым фактором обогащения биоразнообразия и улучшения санитарно-гигиенических и эстетических условий городской среды. Сосна горная (*Pinus mugo* Turra) – довольно декоративное хвойное растение семейства сосновых. Исследования последних лет показывают, что различные формы и сорта сосны горной довольно актуальны для озеленения различных территорий в условиях экологической напряженности и бедного флористического состава городов Сибири [1–7]. Широкий ассортимент современных форм и сортов горных сосен расширяет границы их применения в озеленении различных пространств: скверов, малых садов, озеленении склонов и откосов, создании рокариев и альпийских горок, почвопокровных насаждений, защитных посадок и т. д. [8–13].

Сосна горная весьма устойчива к городским условиям произрастания, нетребовательна к почве, обладает высокой зимостойкостью и устойчивостью к ранневесенним солнечным ожогам, что делает ее довольно перспективной культурой для озеленения городов Сибири [1; 7].

Цель исследования: оценить перспективность различных форм и сортов сосны горной для зеленого строительства в условиях Сибири.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в течение длительного времени (2015–2023 гг.), чтобы в этот период попали годы с разной метеорологической ситуацией, а полученные результаты были полными и объективными. Все данные заносились в специальные дневники наблюдений, и в последующем систематизировались, обобщались и анализировались.

В ходе изучения перспективности сортового разнообразия сосны горной, были обследованы городские насаждения и частные дендрологические коллекции на дачных, приусадебных и коттеджных участках, в различных районах города Братска. В ходе многолетних исследований произведена оценка перспективности 19 декоративных форм и сортов сосны горной. Для определения перспективности проведена комплексная оценка успешности интродукции по методике Главного ботанического сада, используя следующие критерии: степень вызревания побегов, зимостойкость, сохранение габитуса, побегообразование, регулярность прироста побегов, способность к генеративному развитию и способы размножения, характеризующие состояние и перспективы выращивания растений в городских условиях [14–20]. Все признаки определялись для конкретных растений, жизненная форма растений была определена для условий Братска. Также была проведена оценка морфометрических показателей растений в условиях г. Братска с учетом длительности произрастания и возраста насаждений.

Исследования прироста различных сортов сосны горной проводились в конце вегетационных периодов с 2015 по 2023 годы. У саженцев измерялись биометрические показатели – высота, диаметр кроны, а также ежегодный прирост верхушечных и боковых побегов. Полученные данные обрабатывались методом математической статистики – вычислен коэффициент вариации для значений прироста.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Необходимо отметить, что сосна горная – довольно редкая культура в зеленом строительстве города Братска и других городов Иркутской области. Исследование показало, что большинство декоративных форм и сортов сосны горной не используются в озеленении территорий общего пользования. Самые часто встречающиеся формы и сорта сосны горной в Братске это *Pinus mugo* var. *mughus* (Scop.) Zenari

(обследовано 47 экземпляров), *P. mugo* var. *Pumilio* (Haenke) Zenari (обследовано 44 экземпляра) и *P. mugo* «Mors» (обследовано 29 экземпляров), используются в уличном озеленении частными коммерческими фирмами для оформления торговых центров, территорий магазинов, очень редко в скверах и других общественных территориях. Материалы исследования показывают, что упомянутые выше сорта и формы успешно произрастают в условиях Братска, дымо- и газоустойчивы, не повреждаются морозами, не выгорают на весеннем солнце и стабильно дают ежегодные приросты. Кроме того, хорошо отзываются на стрижку и образуют топиарные формы.

Также многолетние исследования показали, что на территории города Братска встречается еще 16 декоративных сортов сосны горной. Данные сорта произрастают исключительно в частных садах на дачных, приусадебных и коттеджных участках. Некоторые сорта встречаются в единичном экземпляре. Поэтому в условиях города Братска нет возможности исследовать состояние сосны горной в озеленении общественных пространств и территорий общего пользования и оценить ее взаимоотношения с другими древесными растениями в групповых посадках. На территории частных садов большинство сортов проявляют высокие декоративные свойства, что говорит о больших адаптационных возможностях и пластичности данных культиваров, используются в декоративных композициях, в солитерных посадках, живых изгородях. Чаще всего в частных коллекциях встречаются следующие сорта – *P. mugo* «Humpry» (17 экземпляров), *P. mugo* «Columbo» / *P. mugo* «Columnaris» (14 экземпляров), *P. mugo* «Winter Gold» (11 экземпляров), *P. mugo* «Ophir» (11 экземпляров), *P. mugo* «Klostergrun» (10 экземпляров), *P. mugo* «Zwerg» (9 экземпляров), *P. mugo* «Kissen» (7 экземпляров). Очень редкими и единично встречающимися в частных садах являются такие сорта как *P. mugo* «Radka» (4 экземпляра), *P. mugo* «Jakobsen» (3 экземпляра), *P. mugo* «Tannenbaum» (3 экземпляра), *P. mugo* «Dikobraz» (2 экземпляра), *P. mugo* «Skalka» (2 экземпляра), *P. mugo* «Corley's Mat» (2 экземпляра). По одному экземпляру встречаются *P. mugo* «Heideperle», *P. mugo* «Benjamin» и *P. mugo* «Krauskopf». Все исследованные растения были приобретены либо в питомниках Иркутска и других Сибирских городов, либо в интернет – магазинах. Как известно, все формы и сорта зарубежной селекции и были завезены первоначально из питомников Западной и Восточной Европы.

Сосна горная ф. Мугус (*Pinus mugo* var. *mughus* (Scop.) Zenari) – природная форма горной сосны (рис. 1).

В ходе исследования установлено, что данная форма не подвергается весенним солнечным ожогам, устойчива к городским условиям произрастания, и низким температурам в зимний период, дымо- и газоустойчива. К 15-летнему возрасту в условиях г. Братска достигает 1,3 м в высоту.

Сосна горная ф. Пумилио (*P. mugo* var. *Pumilio* (Haenke) Zenari) – еще одна естественная форма вида, также часто применяемая в оформлении территорий у торговых центров, магазинов, создании малых садов и частных ландшафтов. В ходе изучения экземпляров

формы Пумилио отмечена абсолютная зимостойкость, дымо- и газоустойчивость. В некоторые годы может повреждаться солнечными ожогами в зимне-весенний период, но быстро восстанавливает поврежденные участки кроны. Хорошо отзывается на стрижку. К 17-летнему возрасту достигает 1,1 м в высоту.

Сосна горная «Радка» (*P. mugo* «Radka») – достигает 30 см в высоту в возрасте 12 лет. Данный сорт используется исключительно в частном садоводстве (рис. 2).



Рис. 1. *P. mugo* var. *mughus* в уличном озеленении г. Братска*



Рис. 2. *P. mugo* «Radka» в частном саду г. Братска

Изученные экземпляры сорта зимуют под снегом, не выгорают на солнце. Отмечено использование в альпинариях, каменистых склонах, сухих ручьях.

Сосна горная «Якобсен» (*P. mugo* «Jakobsen») – в ходе исследования установлено, что данный культи-

* Здесь и далее фото авторов.

вар выдерживает условия полной освещенности, абсолютно устойчив к весеннему выгоранию. В 14-летнем возрасте достигает 60 см.

Сосна горная «Киссен» (*P. mugo* «Kissen») – отмечено успешное произрастание на бедных почвах и на открытом месте, не повреждается ожогами. В условиях Братска зимует под снежным покровом. К 8-летнему возрасту достигает около 25 см в высоту.

Сосна горная «Цверг» (*P. mugo* «Zwerg») – обследованные экземпляры произрастают на открытых местах, отмечена полная адаптация к весеннему солнцу. В Братске вырастает до 40 см в 10-летнем возрасте.

Сосна горная «Хампи» (*P. mugo* «Humpy») – данный сорт произрастает в разных районах Братска, встречается часто. Исследование показало, что зимостойкость данного сорта высокая, обследованные экземпляры не выгорают на солнце. К 6-летнему возрасту достигает всего около 35 см.

Сосна горная «Дикобраз» (*P. mugo* «Dikobraz»). Высокодекоративный, оригинальный, редко встречающийся сорт, формирующий сферическую крону, с уникальной окраской хвоинок, которые на концах имеют более светлый оттенок (рис. 3).



Рис. 3. *P. mugo* «Dikobraz» в частном саду г. Братска

Исследования показывают, что этот культивар не выгорает на весеннем солнце, абсолютно зимостойкий. Достигает примерно 45 см в высоту к 13-летнему возрасту.

Сосна горная «Корлейс Мет» (*P. mugo* «Corley's Mat») – изученные экземпляры произрастают на полном солнце, не подвергаются ранневесенним солнечным ожогам и иссушениям хвои. К 10-летнему возрасту достигает не более 35 см в высоту.

Сосна горная «Колумбо» (*P. mugo* «Columbo» / *P. mugo* «Columnaris») – сорт с конусообразной формой кроны. Хвоя насыщенно-изумрудного цвета, разного размера (рис. 4).

В ходе исследований отмечено, что данный сорт в условиях Братска образует небольшие шишки, которые весной ярко-зеленые, к середине лета одревесневают и раскрываются. Исследования показывают, что сорт не прихотливый, хорошо растет на бедных

почвах, на полном солнце, не подвергается ранневесенним ожогам хвои. К 13-летнему возрасту достигает 1,3 м.



Рис. 4. *P. mugo* «Columbo» в частном саду г. Братска

Сосна Горная «Танненбаум» (*P. mugo* «Tannenbaum») – очень редкий декоративный сорт с плотной кроной. Исследованные экземпляры не выгорают на открытых местах, в 9-летнем возрасте достигает 50 см.

Сосна горная «Винтер Голд» (*P. mugo* «Winter Gold») – высокодекоративный сорт с шаровидной кроной и зелено-желтой хвоей. Исследование показывает, что данный сорт может подгорать на открытых местах ранней весной, поэтому требует укрытия. Вырастает до 80 см в 11-летнем возрасте.

Сосна горная «Краускопф» (*P. mugo* «Krauskopf») – карликовый сорт с нерегулярной кроной. Имеет декоративную ярко-зеленую, слегка изогнутую хвою. Установлено, что данный сорт отлично произрастает на открытых местах с полным освещением, абсолютно устойчив к иссушению и обгоранию весной. Ежегодные приросты очень маленькие, поэтому к 10-летнему возрасту не превышает 40 см.

Сосна горная «Скалка» (*P. mugo* «Skalka») – результаты исследования показывают, что данный сорт может использоваться для открытых мест с полным освещением, так как не обгорает на солнце. В 9-летнем возрасте в условиях Братска достигает всего 35 см высоты.

Сосна горная «Бенджамин» (*P. mugo* «Benjamin») – в ходе многолетних изучений сорта установлено, что данный культивар абсолютно устойчив к ранневесеннему солнцу, не выгорает на солнце. В 13-летнем возрасте достигает около 38 см.

Сосна горная «Клостергрюн» (*P. mugo* «Klostergrun») – данный сорт сосны в условиях г. Братска устойчив к ранневесенним ожогам, исследованные экземпляры прекрасно развиваются на открытых местах с полной освещенностью. Вырастает до 50 см в 8 летнем возрасте.

Таблица 1

Интегральная оценка перспективности декоративных форм и сортов *Pinus mugo* в условиях Братска

Класс перспективности	Сумма баллов	Таксон (форма, сорт)	Биоэкологические показатели				Биометрические показатели в условиях Братска		
			Морозоустойчивость	Засухоустойчивость	Газоустойчивость	Устойч. к солнечным ожогам весной	Жизненная форма	Высота (<i>h</i>), диаметр кроны (<i>d</i>) (м)	Годовой прирост в высоту (см)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Самые перспективные	100	Сосна горная ф. Мугус (<i>Pinus mugo</i> var. <i>mughus</i> (Scop.) Zenari)	1	1	1	1	ПК	В 15 л.: $h - 1,3$ $d - 1,5$	7–9
	100	Сосна горная ф. Пумилио (<i>P. mugo</i> var. <i>Pumilio</i> (Haenke) Zenari)	1	1	1	1	СК	В 17 л.: $h - 1,1$ $d - 1,3$	5–7
	100	Сосна горная «Колумбо» (<i>P. mugo</i> «Columbo» / <i>P. mugo</i> «Columnaris»)	1	1	1	1	ПК	В 13 л.: $h - 1,3$ $d - 0,8$	5–8
	100	Сосна горная «Мопс» (<i>P. mugo</i> «Mops»)	1	1	1	1	СК	В 12 л.: $h - 1,0$ $d - 1,0$	6–8
	98	Сосна горная «Якобсен» (<i>P. mugo</i> «Jakobsen»)	1	1	1	1	КК	В 14 л.: $h - 0,6$ $d - 0,8$	4–5
	97	Сосна горная «Дикобраз» (<i>P. mugo</i> «Dikobraz»)	1	1	1	1	КК	В 13 л.: $h - 0,45$ $d - 0,5$	3–5
	97	Сосна Горная «Танненбаум» (<i>P. mugo</i> «Tannenbaum»)	1	1	1	1	КК	В 9 л.: $h - 0,5$ $d - 0,35$	3–5
Перспективные	90	Сосна горная «Клостергрюн» (<i>P. mugo</i> «Klostergrun»)	1	1	1	1	КК	В 8 л.: $h - 0,5$ $d - 0,3$	3–4
	89	Сосна горная «Цверг» (<i>P. mugo</i> «Zwerg»)	1	1	1	1	КК	В 10 л.: $h - 0,4$ $d - 0,3$	2–4
	89	Сосна горная «Краускопф» (<i>P. mugo</i> «Krauskopf»)	1	1	1	1	КК	В 10 л.: $h - 0,4$ $d - 0,5$	2–3
	87	Сосна горная «Радка» (<i>P. mugo</i> «Radka»)	1	1	1	1	МК	В 12 л.: $h - 0,3$ $d - 0,3$	1–3
	86	Сосна горная «Бенджамин» (<i>P. mugo</i> «Benjamin»)	1	1	1	1	МК	В 13 л.: $h - 0,38$ $d - 0,5$	2–3
	86	Сосна горная «Хампи» (<i>P. mugo</i> «Humpry»)	1	1	1	1	МК	В 6 л.: $h - 0,35$ $d - 0,6$	2–3
	86	Сосна горная «Скалка» (<i>P. mugo</i> «Skalka»)	1	1	1	1	МК	В 9 л.: $h - 0,35$ $d - 0,4$	1–3
	84	Сосна горная «Хайдеперле» (<i>P. mugo</i> «Heideperle»)	1	1	1	1	МК	В 9 л.: $h - 0,35$ $d - 0,5$	2–3
	84	Сосна горная «Киссен» (<i>P. mugo</i> «Kissen»)	1	1	1	1	МК	В 8 л.: $h - 0,25$ $d - 0,3$	1–2
	83	Сосна горная «Корлейс Мет» (<i>P. mugo</i> «Corley's Mat»)	1	1	1	1	МК	В 10 л.: $h - 0,35$ $d - 0,6$	1–2
	82	Сосна горная «Офир» (<i>P. mugo</i> «Ophir»)	1	1	1	1	МК	В 7 л.: $h - 0,3$ $d - 0,4$	1–3
Менее перспективные	71	Сосна горная «Винтер Голд» (<i>P. mugo</i> «Winter Gold»)	1	1	1	2	СК	В 11 л.: $h - 0,8$ $d - 0,9$	3–4

Примечания:

Морозоустойчивость: 1 – высокая или абсолютная, 2 – достаточно высокая, 3 – недостаточная. *Засухоустойчивость:* 1 – высокая, 2 – менее высокая, 3 – средняя, 4 – низкая. *Газоустойчивость:* 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая. *Устойчивость к солнечным ожогам:* 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая. *Жизненная форма:* ПК – полнорослый кустарник, СК – среднерослый кустарник, КК – карликовый кустарник, МК – миниатюрный кустарник.

Сосна горная «Офир» (*P. mugo* «Ophir») – исследование показывает, что зимует данный сорт, как и все карликовые сорта в природно-климатических условиях г. Братска, под снегом. Установлено, что сорт устойчив к весеннему солнцу, не требует затенения. К 7-летнему возрасту вырастает не более 30 см в высоту.

Сосна горная «Хайдеперле» (*P. mugo* «Heideperle») – растение к 9 годам вырастает всего до 35 см. Результаты исследования показывают, что сорт зимует под снежным покровом, не обгорает весной, таким образом, может использоваться на открытых не защищенных от солнца местах.

Сосна горная «Мопс» (*P. mugo* «Mops») – исследование показывает, что данный сорт сосны достаточно неприхотливый, устойчивый к бедным почвам. В 12-летнем возрасте может достигать до 1 м в высоту. Растет на открытых местах, не обгорает весной.

Обобщенные результаты исследования перспективности декоративных форм и сортов сосны горной приведены выше в табл. 1 (все размеры указаны для условий Братска).

Данные таблицы показывают, что большинство исследованных культиваров относятся к категории «самые перспективные» и «перспективные». Данные таксоны можно использовать для озеленения различных пространств и территорий городов Сибири для обогащения видового разнообразия и повышения эстетической привлекательности города.

Результаты исследования прироста указанных форм и сортов сосны горной приведены в табл. 2, 3.

Как видно из данных табл. 2, первые годы происходит адаптация саженцев, прирост в это время минимальный, возможно повреждение саженцев весенним солнцем, поэтому 2–3 года после посадки необходимо притенение растений, затем сосны достаточно устойчивы к солнечным ожогам.

В табл. 3 представлены данные по среднему ежегодному приросту форм и сортов сосны горной.

Результаты, приведенные в табл.3 показывают, что средний прирост по высоте и прирост боковой находятся во взаимосвязи с жизненными формами исследованных растений. Так, полнорослые и среднерослые кустарники (сосна горная ф. Мугус (*Pinus mugo* var. *mughus* (Scop.) Zenari, сосна горная ф. Пумилио (*P. mugo* var. *Pumilio* (Haenke) Zenari), сосна горная «Колумбо» (*P. mugo* «Columbo» / *P. mugo* «Columnaris»), сосна горная «Мопс» (*P. mugo* «Mops»)), имеют достаточно хороший верхушечный и боковой прирост – от 6 до 10 см в год, при этом сосна горная ф. Мугус в возрасте более 10 лет вступает в стадию семеношения. Карликовые и миниатюрные кустарники сосны горной дают прирост по высоте и боковой прирост от 3,5 до 5,7 см в год. Несмотря на разбросанность растений по различным районам города, результаты имеют малый коэффициент вариации, что свидетельствует о максимальном воздействии природно-климатических показателей, который выразился в малом разбросе значений прироста и высокой сходимости полученных результатов.

Таблица 2
Прирост сосны горной первые 2–3 года после посадки

Вид растения	Количество исследованных растений, штук	Верхушечный прирост, см	Коэффициент вариации, %	Боковой прирост, см	Коэффициент вариации, %
Сосна горная ф. Мугус (<i>Pinus mugo</i> var. <i>mughus</i> (Scop.) Zenari)	47	1,6±0,10	6,66	2,1±0,13	10,02
Сосна горная ф. Пумилио (<i>P. mugo</i> var. <i>Pumilio</i> (Haenke) Zenari)	44	1,43±0,11	7,24	1,86±0,08	3,82
Сосна горная «Колумбо» (<i>P. mugo</i> «Columbo» / <i>P. mugo</i> «Columnaris»)	14	2,01±0,12	7,30	1,74±0,16	9,6
Сосна горная «Мопс» (<i>P. mugo</i> «Mops»)	29	1,52±0,08	5,42	1,46±0,14	9,36

Таблица 3
Средний прирост форм и сортов сосны горной

Вид растения	Количество исследованных растений, штук	Верхушечный прирост, см	Коэффициент вариации, %	Боковой прирост, см	Коэффициент вариации, %
Сосна горная ф. Мугус (<i>Pinus mugo</i> var. <i>mughus</i> (Scop.) Zenari)	47	8,7±0,10	1,28	10,0±0,18	1,82
Сосна горная ф. Пумилио (<i>P. mugo</i> var. <i>Pumilio</i> (Haenke) Zenari)	44	6,47±0,20	3,02	7,68±0,16	2,11
Сосна горная «Колумбо» (<i>P. mugo</i> «Columbo» / <i>P. mugo</i> «Columnaris»)	14	10,0±0,12	1,82	6,15±0,10	3,28
Сосна горная «Мопс» (<i>P. mugo</i> «Mops»)	29	8,33±0,16	1,98	8,33±0,07	0,78
Сосна горная «Хампи» (<i>P. mugo</i> «Humpty»)	17	3,88±0,20	6,01	6,70±0,18	2,65

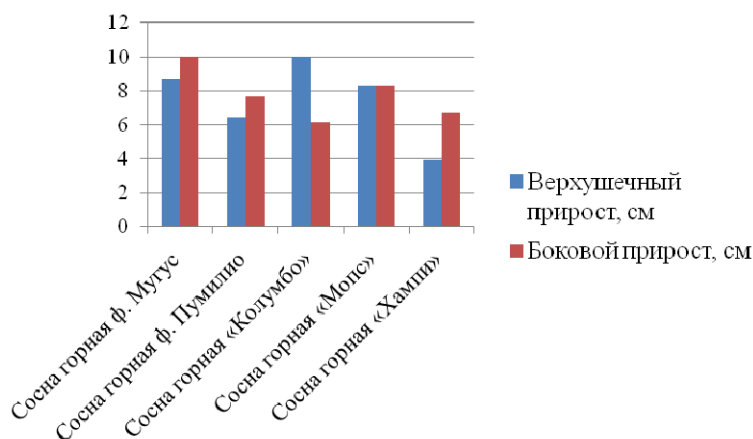


Рис. 5. Верхушечный и боковой прирост различных форм и сортов сосны горной в условиях Братска

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования перспективности различных форм и сортов сосны горной в городских насаждениях и в частных садах свидетельствуют о больших возможностях обогащения видового состава городских насаждений за счет исследуемых культиваров. Большинство исследуемых форм и сортов сосны горной, произрастающих в условиях г. Братска прошли акклиматизацию, сохранив форму и характер роста, присущие им на родине. Однако из-за неблагоприятного теплового режима большинство сортов растут несколько медленнее по сравнению с районами их естественного произрастания и более южными местами интродукции. Это, как правило, не оказывает существенного влияния на устойчивость и декоративные качества исследуемых растений. Потенциальный ассортимент деревьев и кустарников для зеленого строительства может быть в дальнейшем увеличен за счет исследованных таксонов.

В дальнейшем необходимо продолжить интродукционные испытания декоративных растений, для выявления новых перспективных видов, форм и сортов для увеличения биоразнообразия в жестких климатических условиях населенных пунктах Восточной Сибири [21–26].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Гнаткович П. С., Рунова Е. М. Перспективные виды и формы хвойных экзотов для озеленения населенных пунктов северных территорий Иркутской области // *Успехи современного естествознания*. 2021. № 6. С. 13–21. DOI: 10.17513/use.37635.
2. Залывская О. С. Комплексная оценка адаптивной способности интродуцентов // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2014. № 6. С. 161–166.
3. Крекова Я. А., Залесов С. В., Чебатько Н. К. Результаты интродукции сосен (*Pinus L.*) при испытании в коллекционных насаждениях арборетума и дендропарка КазНИЛХА // *Вестник государственного университета им. Шакарима г. Семей*. 2018. № 3 (83). С. 275–279.
4. Рунова Е. М., Гнаткович П. С. Перспективы внедрения интродуцентов частных садов в ассортимент зеленых насаждений города Братска // *Лесотех-*

нический журнал. 2014. Т. 4, № 2 (14). С. 68–78. DOI: 10.12737/4509.

5. Залесов С. В., Платонов Е. П., Гусев А. В. Перспективность древесных интродуцентов для озеленения в условиях средней подзоны тайги Западной Сибири // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 4 (83). С. 56–58.

6. Гордеева Г. Н., Лобанов А. И. Продолжительность жизненного цикла и зимостойкость древесных интродуцентов в сухостепной зоне Хакасии // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2022. № 3. С. 73–90. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-73-90.

7. Куликова О. Н., Харитонов О. Н. Состояние хвойных растений дендрологического сада им. С. Ф. Харитоновой // *Вестник ИрГСХА*. 2011. Т. 2, № 44. С. 89–95.

8. Гусев А. В., Залесов С. В., Сарсекова Д. Н. Методика определения перспективности интродукции древесных растений // *Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020 : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф.* Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. С. 272–275.

9. Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // *Опыт интродукции древесных растений*. М. : Изд. ГБСАИСССР, 1973. С. 7–67.

10. Исаева Л. Г., Ершов В. В., Урбанавичюс Г. П., Боровичев Е. А. Интродукция кедра и лиственницы в условиях Кольского Заполярья // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2023. № 4. С. 41–57. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-41-57.

11. Лящева Л. В., Лящев А. А., Штейнберг Ю. С. Зимостойкость хвойных растений в условиях северной лесостепи юга Тюменской области // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2022. № 1. С. 49–61. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-1-49-61.

12. Дружинин Н. А., Дружинин Ф. Н., Корякина Д. М., Цыпилев С. В., Чухина О. В. Результаты и оценка многолетней интродукции на особо охраняемых природных территориях южно-таежного района // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2020. № 6. С. 74–87. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-74-87.

13. Андропова М. М., Бабич Н. А., Хамитов Р. С. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины. Архангельск : САФУ, 2021. 412 с. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85.
14. Беланова А. П., Отмахов Ю. С., Черникова Т. С., Чиндяева Л. Н. Внедрение чужеродных видов древесных растений в городские леса Новосибирска // Сибирский лесной журнал. 2019. № 6. С. 72–81. DOI: 10.15372/SJFS20190608.
15. Бабич Н. А., Карбасникова Е. Б. Натурализация видов дендрофлоры в условиях интродукционно-го стресса. Архангельск : САФУ, 2022. 236 с.
16. Карташова Н. П., Селиванова А. С., Молодых М. С. Ландшафтные приемы создания городской системы озеленения // Лесотехнический журнал, 2018. Т. 8, № 2 (30). С. 122–131. DOI: 10.12737/article_5b24060f315680.70076881.
17. Тарханов С. Н., Пинаевская Е. А., Аганина Ю. Е. Особенности адаптации разных форм сосны обыкновенной в условиях длительного избыточного увлажнения почв // ИВУЗ Лесной журнал, 2021. № 2 (380). С. 30–44. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-30-44.
18. Карташова Н. П., Кругляк В. В. Ландшафтная организация территорий объектов культурно-бытового назначения // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 5. С. 71–82. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-71-82.
19. Использование хвойных растений в типовых ландшафтных проектах / Т. Ю. Аксянова, О. М. Ступакова, Е. А. Усова, М. В. Филина, А. А. Горошко // Хвойные бореальной зоны. Т. XXXIX, № 4 / СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2021. С. 245–252.
20. Ступакова О. М., Аксянова Т. Ю. Видовое разнообразие, композиция и состояние искусственных хвойных насаждений скверов города Красноярск // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 2. С. 158–161. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-1-158-161.
21. Иоффе А. А. Дендрарий Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН как элемент создания нового общественного пространства г. Красноярск // Сибирский лесной журнал. 2023. № 5. С. 7–9. DOI: 10.15372/SJFS20230502.
22. Пашенова Н. В., Перцова А. А., Баранчиков Ю. Н. Проблема индуцированного иммунитета хвойных // Сибирский лесной журнал. 2023. № 5. С. 10–13. DOI: 10.15372/SJFS20230503.
23. Ступенчатая интродукция видов дендрофлоры в северо-восточную часть Русской равнины (обзор) / Н. А. Бабич, Е. Б. Карбасникова, М. М. Андропова, О. С. Залывская, Ю. В. Александрова, Н. П. Гаевский // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 3. С. 73–85. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85.
24. Буторова О. Ф., Матвеева Р. Н. Опыт интродукции древесных растений европейской флоры в зеленой зоне г. Красноярск // International Scientific Journal. 2015. № 9. С. 38–42.
25. Пашина М. Н., Иевская А. А., Имескенова Э. Г. Оценка состояния древесно-кустарниковой растительности города Улан-Удэ // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2021. № 4(65). С. 146–156. DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.020.
26. Безруких В. А., Авдеева Е. В., Селенина Е. А. Обоснование видового состава древесных растений с учетом дендроклиматического районирования территории сибирского города и его пригородной зоны (на примере города Красноярск) // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. XXXVIII, № 5-6. С. 225–236.

REFERENCES

1. Gnatkovich P. S., Runova E. M. Perspektivnye vidy i formy hvoynyh ekzotov dlya ozeleneniya naselennykh punktov severnykh territorij Irkutskoj oblasti // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2021. № 6. S. 13–21. DOI: 10.17513/use.37635.
2. Zalyvskaya O. S. Kompleksnaya ocenka adaptivnoy sposobnosti introducentov // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. 2014. № 6. S. 161–166.
3. Krekova Ya. A., Zalesov S. V., Chebat'ko N. K. Rezul'taty introdukcii sosen (Pinus L.) pri ispytanii v kollekcionnykh nasazhdeniyah arboretuma i dendroparka KazNILHA // Vestnik gosudarstvennogo universiteta im. Shakarima g. Semej. 2018. № 3 (83). S. 275–279.
4. Runova E. M., Gnatkovich P. S. Perspektivy vnedreniya introducentov chastnykh sadov v assortiment zelenykh nasazhdenij goroda Bratska // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2014. Tom 4, № 2(14). S. 68–78. DOI: 10.12737/4509.
5. Zalesov S. V., Platonov E. P., Gusev A. V. Perspektivnost' drevesnykh introducentov dlya ozeleneniya v usloviyah srednej podzony tajgi Zapadnoj Sibiri // Agrarnyj vestnik Urala. 2011. № 4 (83). S. 56–58.
6. Gordeeva G. N., Lobanov A. I. Prodolzhitel'nost' zhiznennogo cikla i zimostojkost' drevesnykh introducentov v suhostepnoj zone Hakasii // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. 2022. № 3. S. 73–90. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-73-90.
7. Kulikova O. N., Haritonova O. N. Sostoyanie hvoynyh rastenij dendrologicheskogo sada im. S. F. Kharitonova // Vestnik IrGSHA. 2011. Т. 2, № 44. S. 89–95.
8. Gusev A. V., Zalesov S. V., Sarsekova D. N. Metodika opredeleniya perspektivnosti introdukcii drevesnykh rastenij // Social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy lesnogo kompleksa v ramkah koncepcii 2020 : materialy VII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ekaterinburg : Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2009. S. 272–275.
9. Lapin P. I., Sidneva S. V. Ocenka perspektivnosti introdukcii drevesnykh rastenij po dannym vizual'nykh nablyudenij // Opyt introdukcii drevesnykh rastenij. M. : Izd. GBSAIISSSR, 1973. S. 7–67.
10. Isaeva L. G., Ershov V. V., Urbanavichyus G. P., Borovichev E. A. Introdukcija kedra i listvennicy v usloviyah Kol'skogo Zapolyar'ya // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. 2023. № 4. S. 41–57. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-41-57.
11. Lyashcheva L. V., Lyashchev A. A., Shtejnberg Yu. S. Zimostojkost' hvoynyh rastenij v usloviyah severnoj lesostepi yuga Tyumenskoj oblasti // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. 2022. № 1. S. 49–61. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-1-49-61.
12. Druzhinin N. A., Druzhinin F. N., Koryakina D. M., Cypilev S. V., Chuhina O. V. Rezul'taty i ocenka mnogoletnej introdukcii na osobo ohranyaemykh prirodnykh territoriyah yuzhno-taеzhnogo rajona // Izv. vuzov. Lesn.

zhurn. 2020. № 6. S. 74–87. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-74-87.

13. Andronova M. M., Babich N. A., Hamitov R. S. Stupenchataya introdukciya drevesnyh rastenij na severe Russkoj ravniny. Arhangel'sk : SAFU, 2021. 412 s. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85.

14. Belanova A. P., Otmahov Yu. S., Chernikova T. S., Chindyaeva L. N. Vnedrenie chuzherodnyh vidov drevesnyh rastenij v gorodskie lesa Novosibirska // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2019. № 6. S. 72–81. DOI: 10.15372/SJFS20190608.

15. Babich N. A., Karbasnikova E. B. Naturalizaciya vidov dendroflory v usloviyah introdukcionnogo stressa. Arhangel'sk : SAFU, 2022. 236 s.

16. Kartashova N. P., Selivanova A. S., Molodyh M. S. Landshaftnye priemy sozdaniya gorodskoj sistemy ozeleneniya // Lesotekhnicheskij zhurnal, 2018. T. 8, № 2 (30). S. 122–131. DOI: 10.12737/article_5b24060f315680.70076881.

17. Tarhanov S. N., Pinaevskaya E. A., Aganina Yu. E. Osobennosti adaptacii raznyh form sosny obyknovennoj v usloviyah dlitel'nogo izbytochnogo uvlazhneniya pochv // IVUZ Lesnoj zhurnal, 2021. № 2(380). S. 30–44. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-30-44.

18. Kartashova N. P., Kruglyak V. V. Landshaftnaya organizaciya territorij ob'ektov kul'turno-bytovogo naznacheniya // Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin, 2022. T. 26, № 5. S. 71–82. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-71-82.

19. Ispol'zovanie hvojnnyh rastenij v tipovyh landshaftnyh proektah / T. Yu. Aksyanova, O. M. Stupakova, E. A. Usova, M. V. Filina, A. A. Goroshko // Hvojnye boreal'noj zony. T. XXXIX, № 4. Krasnoyarsk : SibGU im. M. F. Reshetneva, 2021. S. 245–252.

20. Stupakova O. M., Aksyanova T. Yu. Vidovoe raznoobrazie, kompoziciya i sostoyanie iskusstvennyh

hvojnnyh nasazhdenij skverov goroda Krasnoyarska // Hvojnye boreal'noj zony. 2023. Tom XLI, № 2. S. 158–161. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-1-158-161.

21. Ioffe A. A. Dendrarij Instituta lesa im. V. N. Sukacheva SO RAN kak element sozdaniya novogo obshchestvennogo prostranstva g. Krasnoyarska // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2023. № 5. S. 7–9. DOI: 10.15372/SJFS20230502.

22. Pashenova N. V., Percovaya A. A., Baranchikov Yu. N. Problema inducirovannogo immuniteta hvojnnyh // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2023. № 5. S. 10–13. DOI: 10.15372/SJFS20230503.

23. Stupenchataya introdukciya vidov dendroflory v severo-vostochnuyu chast' Russkoj ravniny (obzor) / N. A. Babich, E. B. Karbasnikova, M. M. Andronova, O. S. Zalyvskaya, Yu. V. Aleksandrova, N. P. Gaevskij // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. 2021. № 3. S. 73–85. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85.

24. Butorova O. F., Matveeva R. N. Opyt introdukcii drevesnyh rastenij evropejskoj flory v zelenoj zone g. Krasnoyarska // International Scientific Journal. 2015. № 9. S. 38–42.

25. Pashina M. N., Ievskaya A. A., Imeskenova E. G. Ocenka sostoyaniya drevesno-kustarnikovoj rastitel'nosti goroda Ulan-Ude // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii imeni V. R. Filippova. 2021. № 4(65). S. 146–156. DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.020.

26. Bezrukih V. A., Avdeeva E. V., Selenina E. A. Obosnovanie vidovogo sostava drevesnyh rastenij s uchetom dendroklimaticheskogo rajonirovaniya territorii sibirskogo goroda i ego prigorodnoj zony (na primere goroda Krasnoyarska) // Hvojnye boreal'noj zony. 2020. T. XXXVIII, № 5-6. S. 225–236.

© Рунова Е. М., Гнаткович П. С., 2024

Поступила в редакцию 14.02.2024
Принята к печати 23.12.2024

СОДЕРЖАНИЕ И БАЛАНС ЗАПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОБЕГАХ МАГОНИИ ПАДУБОЛИСТНОЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В НИЖЕГОРОДСКУЮ ОБЛАСТЬ

Н. Н. Бессчетнова¹, В. П. Бессчетнов¹, Н. Р. Сунгурова²,
А. А. Маякова¹, А. В. Вышегородцев¹

¹Нижегородский государственный агротехнологический университет
Российская Федерация, 603107, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 97
E-mail: lesfak@bk.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
Российская Федерация, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17
E-mail: n.sungurova@narfu.ru

Аннотация: Изучали физиологическое состояние магонии падуболистной (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) в части содержания и баланса запасных веществ в годичных побегах. Актуальность темы обусловлена потребностью в последовательном расширении и оптимизации ассортимента древесных и кустарниковых растений, используемых в создании городских искусственных насаждений различного функционала и конструкций. Цель исследования – выявить содержание и соотношение крахмала и жиров в побегах магонии падуболистной при интродукции в Нижегородскую область. Объектом исследования явились одновозрастные особи семенного происхождения, достигшие репродуктивной фазы онтогенеза. Они размещены по одинаковым схемам в дендрологической коллекции Нижегородского ГАТУ, географические координаты которого составили 56°17'57.984"N, 43°58'59.988"E. Методологически работа базировалась на принципе единственного логического различия и выполнялась в 2023–2024 гг. полевым стационарным и лабораторными методами. Крахмал тестировали цветной реакцией на раствор Люголя, жиры – препаратом Судан-III. Установили фенотипическую неоднородность сравниваемых растений по наличию и балансу запасных веществ в тканях их побегов. Зафиксировали её проявление как на внутриорганизменном уровне, так и в форме внутривидовой индивидуальной изменчивости. Содержание запасных веществ в валовом исчислении оценивалось статистически: крахмала – от 7,20±1,20 балла до 13,60±0,73 балла; жиров – от 6,20±0,663 балла до 13,80±1,020 балла; сумма указанных веществ – от 13,80±1,020 балла до 23,80±0,875 балла. Дисперсионный анализ подтвердил существенность различий по ним между особями семенного происхождения: критерий Фишера ($F_{on} = 3,46...6,02$) превысил табличные значения. Влияние индивидуальных различий велико: по содержанию крахмала – 45,10±13,04 %; жиров – 58,83±9,78 %; сумме запасных веществ – 50,11±11,85 %. Полученные сведения позволяют признать целесообразность продолжения интродукционных мероприятий с магонией.

Ключевые слова: магония падуболистная, ткани побегов, физиологический статус, запасные вещества, крахмал, жиры, фенотипические различия.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 23–33

THE CONTENT AND BALANCE OF SPARE SUBSTANCES IN THE COMMON NINEBARK SHOOTS DURING INTRODUCTION TO THE NIZHNY NOVGOROD REGION

N. N. Besschetnova¹, V. P. Besschetnov¹, N. R. Sungurova²,
A. A. Mayakova¹, A. V. Vyshegorodtsev¹

¹Nizhny Novgorod State Agrotechnological University
97, Gagarin Av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation
E-mail: lesfak@bk.ru

²Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
17, Severnaya Dvina Embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation
E-mail: n.sungurova@narfu.ru

Abstract: The physiological state of Oregon grape or holly-leaved barberry (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) was studied in terms of the content and balance of spare substances in annual shoots. The relevance of the topic is due to the need for consistent expansion and optimization of the range of woody and shrubby plants used in the creation of urban artificial plantings of various functions and designs. The purpose of the study is to identify the content and ratio of starch and fats in the shoots of holly-leaved barberry during introduction to the Nizhny Novgorod region. The object

of the study was the same-aged individuals of seed origin who reached the reproductive phase of ontogenesis. They are placed according to the same schemes in the arboretum collection of Nizhny Novgorod State University, whose geographical coordinates were 56°17'57.984"N, 43°58'59.988"E. Methodologically, the work was based on the principle of a single logical difference and was carried out in 2023–2024 using field stationary and laboratory methods. Starch was tested by color reaction to Lugol's solution, fats were tested by Sudan-III preparation. The phenotypic heterogeneity of the compared plants was established by the presence and balance of spare substances in the tissues of their shoots. Its manifestation was recorded both at the intraorganizational level and in the form of intraspecific individual variability. The content of spare substances in gross terms was estimated statistically: starch – from 7.20 ± 1.20 points to 13.60 ± 0.73 points; fats – from 6.20 ± 0.663 points to 13.80 ± 1.020 points; the sum of these substances was from 13.80 ± 1.020 points to 23.80 ± 0.875 points. The analysis of variance confirmed the significance of differences in them between individuals of seed origin: the Fisher criterion ($F_{op} = 3.46...6.02$) exceeded the tabular values. The effect of individual differences is great: in starch content – 45.10 ± 13.04%; fat – 58.83 ± 9.78%; the amount of spare substances – 50.11 ± 11.85%. The information obtained allows us to recognize the expediency of continuing the introduction of measures with *magonia*.

Keywords: holly-leaved barberry, shoot tissues, physiological status, spare substances, starch, fats, phenotypic differences.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективным средством стабилизации экологической обстановки в современных городах выступают насаждения из деревьев и кустарников [22; 24; 28]. Сказанное с полным основанием можно отнести ко многим населенным пунктам Среднего Поволжья [16; 31; 32]. Обеспечить наиболее полную реализацию ими своих санитарно-гигиенических, декоративно-эстетических и рекреационно-бальнеологических функций можно путем постоянного обновления и оптимизации ассортимента используемых видов. Расширение их плантаций не менее важно и согласно с реализуемой в стране государственной стратегией, направленной на скорейшее удовлетворение спроса населения на природные пищевые и витаминные продукты и лекарственные средства. В указанном аспекте весьма перспективна системная интеграция в хозяйственный оборот наиболее адаптированных к местным условиям растений инорайонной дендрофлоры. В их перечне заметное место занимают представители рода Магония (*Mahonia* Nutt.) [37; 40; 41], относящегося к семейству Барбарисовые (*Berberidaceae* Juss., nom. cons.) [39; 43; 44; 45], получивших широкое распространение в Центральной и Восточной Азии, а также в Северной Америке [47; 48]. Успех их введения в новые места расселения, прежде всего, связан с особенностями биологии интродуцентов. При этом важная роль физиологических характеристик деревьев и кустарников в их адаптации к существующим лесорастительным условиям общеизвестна [26; 27; 42]. Данное обстоятельство имеет непосредственное отношение к рассматриваемому региону, касаясь как представителей его аборигенной дендрофлоры [9; 12; 17], так и экзотов [2; 3; 5; 13; 12; 20; 21]. При этом содержание и баланс запасных веществ в тканях их побегов, в частности, крахмала [8; 9; 11], жиров [10; 20], сахаров [4], равно как и состояние ксилемы [2; 17], выступает кардинальным условием успешного прохождения сложных и многоэтапных процессов приспособления экзотов к окружающей среде.

Цель исследований – выявить содержание и баланс запасных питательных веществ в побегах магонии падуболистной при её интродукции в Нижегородскую область.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования представляли одновозрастные (9 лет) особи магонии семенного происхождения, достигшие репродуктивной фазы онтогенеза. В опыте каждая из них получила свою номерную индексацию от «1» до «20» и была расположена в границах общего опытного участка (дендрарий Нижегородского ГАТУ) с координатами 56°17'57.984"N, 43°58'59.988"E. Его территория относится к хвойно-широколиственному лесному району Европейской части РФ (3 лесорастительный район) зоны хвойно-широколиственных лесов России. Здесь сложились благоприятные для многих древесных и кустарниковых пород почвенно-климатические условия [1]. Сведения о наличии в регионе их естественных [4; 7] и искусственных [15; 18; 34] насаждений, а также положительные результаты введения в состав последних многочисленных представителей инорайонной дендрофлоры [2; 3; 13; 19–21], в числе которых представители семейства барбарисовые [6; 14], легли в основу выдвижения гипотезы о потенциальном успехе интродукции магонии в Нижегородское Поволжье. Методологически работа базировалась на принципе единственного логического различия и требованиях к организации опыта: типичности, пригодности, надежности, целесообразности. Она выполнялась в течение 2023–2024 гг. полевым стационарным и лабораторными методами с реализацией общепринятых организационно-методических схем. Предметом исследования явились биологические характеристики препазируемых растений, связанные с содержанием и балансом крахмала и жиров в тканях побегов. Теоретической платформой их изучения служили классические отечественные [29; 33] и зарубежные [23; 26; 27] источники. При этом учитывали современные публикации в сфере гистохимии [9; 10; 11] и физиологии древесных растений [12; 17; 21], а также накопленный региональный опыт в указанном направлении [2; 3; 8; 20]. Для сравнительной оценки физиологического статуса растений нами использован статичный индикатор – достижение одного из этапов фенолитма, а именно, выхода из состояния покоя [9–14]. Крахмал тестировали цветной реакцией на раствор Люголя, жиры

выявляли с помощью препарата Судан-III. Оценка их содержания давалась в условных балах по ранее принятой для этих целей 6-балльной (0 – 5) шкале [9; 10; 11; 20; 21]. Инструментальная база включала в себя микроскоп Микмед-2 с микрофотонасадкой для цифровой фотокамеры Cannon Power Shot A570 IS, соединенной с телеэкраном и монитором компьютера. С её помощью на временных препаратах, приготовленных из поперечных срезов, тестировали показатели физиологического состояния растений на момент учета (табл. 1).

Первичная единица выборки была представлена однократным учетом каждого из тестируемых физиологических параметров всех вариантов и повторностей опыта. Полученные в указанном порядке исходные данные обрабатывали общепринятыми статистическими методами [25], степень изменчивости признаков устанавливали по шкале С. А. Мамаева [30]. Помимо параметров непосредственного учета и фиксации в схему опыта были введены производные показатели, такие как индексы, отношения, коэффициенты и т. п. [35; 36]. Такой подход позволяет получить более полные сведения об объектах изучения, чем операции только с прямыми признаками, и традиционен в лесоводственных [35; 38; 46] и биологических [2; 3; 17; 47] исследованиях. Визуализация опытных данных достигалась построением диаграмм типа «Box & Wiskers», в которых «точками» обозначались средние значения, «коробками» – пороги статистического критерия «норма», которые соответствуют границам отклонения от среднего арифметического на величину $\pm 2/3\sigma$ [25], «усами» – абсолютные значения признака.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценки содержания и баланса запасных веществ в тканях побегов магонии падуболистной были подвержены фенотипической изменчивости (рис. 1–6). В частности, суммарное содержание крахмала по всем учетным зонам исследуемых растений семенного происхождения, выступающее надежной физиологической характеристикой их сезонного состояния, было неодинаковым (см. рис. 1).

Такая ситуация отчетливо проявилась на организменном уровне в пределах отдельной особи, что рассматривалось как ненаследственная экзогенная изменчивость (вся фенотипическая дисперсия обусловлена влиянием внешних факторов). Наблюдалась она и в форме внутривидового несходства физиологического статуса у носителей разных генотипов – особей семенного происхождения. В этом случае часть фено-

типической дисперсии обусловлена наследственной спецификой сравниваемых объектов. Средние величины рассматриваемого признака находились в интервале от $7,20 \pm 1,471$ балла (учетные кусты 12 и 18) до $13,60 \pm 0,731$ балла (учетный куст 2), образовав превышение большего из них над меньшим в 1,89 раза или на 6,4 балла. Обобщенное для всех учетных растений среднее (Total) составило $9,83 \pm 0,273$ балла, что практически симметрично делит их совокупность на две части. Лимиты ($\max = 17,0$ балла; $\min = 2,0$ балла) различались более контрастно: их диапазон ($\Delta \text{lim} = \max - \min$), составил 15 баллов при отношении, равном 8,5. Коэффициент вариации ($C_v = 27,79\%$) соответствовал повышенному уровню изменчивости по шкале Мамаева ($C_v = 26...35\%$).

Не менее информативным биологическим индикатором выступает суммарное содержание запасных жиров в растительных тканях (см. рис. 2). На фоне обобщенного среднего (Total), которое достигло $8,91 \pm 0,238$ балла, их количество колебалось от $6,20 \pm 0,663$ балла (учетный куст 4) до $13,80 \pm 1,020$ балла (учетный куст 8), сформировав соотношение оценок в 2,23 раза и разность между ними, равную 7,60 балла. Абсолютные величины ($\max = 16,0$ балла; $\min = 4,0$ балла) соотносились как 4,0 с диапазоном в 12 баллов. Наблюдаемый разброс значений сформировал изменчивость, которая в оценках по коэффициенту вариации ($C_v = 26,67\%$) также относилась к повышенному уровню вышеуказанной шкалы ($C_v = 26...35\%$).

Интегральным показателем накопления запасных веществ тканями побегов изучаемых растений служила сумма содержания в них крахмала и жиров (см. рис. 3). Сохранив в той или иной мере ранее выявленные тенденции, она варьировала менее контрастно: наибольшее среднее значение ($23,80 \pm 0,875$ балла) в 1,65 раза или на 9,4 балла превысило соответствующий минимум ($13,80 \pm 1,020$ балла), а обобщенное среднее ($18,74 \pm 0,348$ балла) было равноудаленным от них.

Лимиты рассматриваемого параметра ($\max = 26,5$ балла; $\min = 8,0$ балла) в обобщенном массиве данных образовали диапазон в 18,5 балла, а их отношение было равно 3,31. Возникшая на этом фоне изменчивость в оценках по коэффициенту вариации ($C_v = 18,58\%$) была адекватной среднему уровню ранее принятой шкалы ($C_v = 16...25\%$), притом что по отдельным учетным растениям она преимущественно соответствовала низкому ($C_v = 7...15\%$), среднему ($C_v = 16...25\%$) и реже повышенному ($C_v = 26...35\%$) уровню, продемонстрировав оценки от 7,14 % до 29,61 %.

Таблица 1

Показатели содержания и баланса запасных веществ в побегах магонии

Категории показателей	Показатели содержания и баланса запасных веществ в тканях побегов	Условное обозначение
Показатели содержания запасных веществ	суммарное по тканям содержание крахмала	признак 1
	суммарное по тканям содержание жиров	признак 2
	суммарное содержание крахмала и жиров	признак 3
Показатели соотношения запасных веществ	отношение содержания крахмала к содержанию жиров	признак 4
Показатели доли запасных веществ в их общем составе	доля содержания крахмала	признак 5
	доля содержания жиров	признак 6

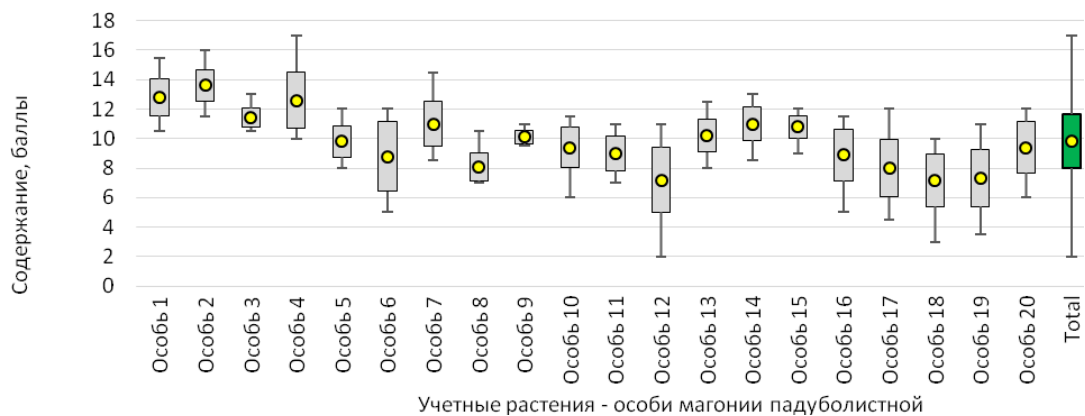


Рис. 1. Суммарное содержание крахмала в тканях побегов магонии падуболистной

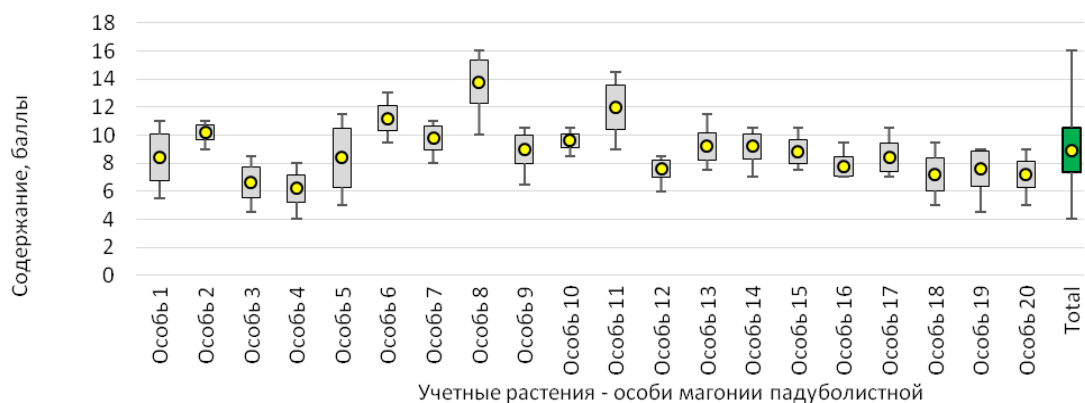


Рис. 2. Суммарное содержание жиров в тканях побегов магонии падуболистной

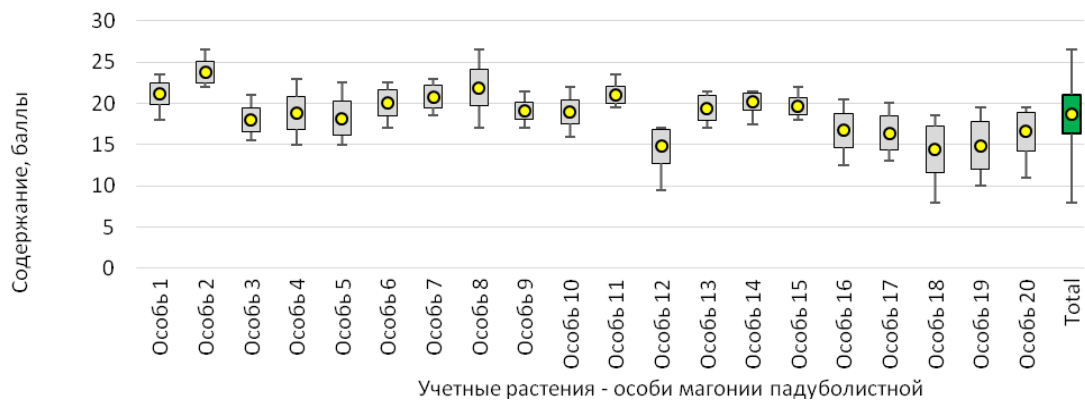


Рис. 3. Суммарное содержание крахмала и жиров в тканях побегов магонии

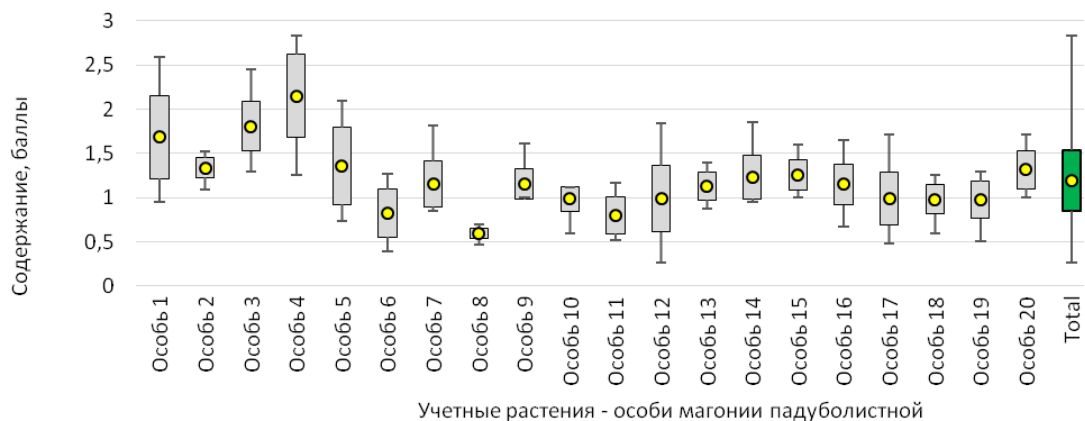


Рис. 4. Отношение содержание крахмала к содержанию жиров в побегах магонии

Характер накопления и расхода запасных веществ достаточно полно и надежно описывается показателями их баланса в тканях исследуемых частей растений (см. рис. 4).

Распределение основных статистик рассматриваемого признака отличалось от такового у ранее анализируемых показателей. В этом случае наибольшие значения, полученные на учетных растениях № 1 и № 4 ($1,68 \pm 0,314$ и $2,15 \pm 0,317$ соответственно), превысили наименьшее ($0,59 \pm 0,040$), наблюдаемое на объекте № 8, в 3,62 раза или на 1,55 единицы. Оставшиеся оценки в той или иной мере приближались к обобщенному для анализируемого массива данных среднему ($1,19 \pm 0,051$), а сложившаяся фоновая изменчивость ($C_v = 42,77\%$) относилась к высокому уровню ($C_v = 36...50\%$) шкалы Мамаева. Ей соответствовали лимиты представленного отношения ($\max = 2,83$; $\min = 0,27$ балла), образовавшие наибольший диапазон, равный 2,57 единицы или $215,34\%$ от среднего, с балансом, составившим 10,63.

Весьма надежным индикатором соответствия физиологического состояния растений (в нашем случае магонии падуболистной) текущим (в моменте) погодным условиям места их дислокации традиционно признается баланс между крахмалом и жирами в течение года и, прежде всего, в рамках вегетационного периода. В указанном плане информативным критерием выступают доля участия крахмала (см. рис. 5) и жиров (см. рис. 6) в общем составе запаса питательных веществ, сосредоточенных в тканях побегов на момент

достижения той или иной фазы их фенологического состояния (на момент учета).

Несложно заметить, что картина распределения значений вышеназванных признаков обратно симметрична, что логично и подтверждает корректность выполненного анализа.

Соотношение в оценках средних также носит симметричный характер: наибольшая доля содержания крахмала ($0,67 \pm 0,036$) превосходила меньшую ($0,37 \pm 0,016$) в 1,8 раза или на 0,3 пункта, в то время как для жиров такие же оценки ($0,33 \pm 0,036$ и $0,63 \pm 0,016$ соответственно) тех же особей соотносились как 1,9 при разности между ними в те же 0,3 пункта. По вполне понятным причинам оценки обобщенного среднего: $0,52 \pm 0,010$ (крахмал) и $0,48 \pm 0,010$ (жиры) не совпадали и выступали дополнением друг друга. Аналогичным образом вели себя лимиты. Изменчивость в оценках по коэффициентам вариации, составившим в первом случае $19,89\%$, а во втором – $21,64\%$, соответствовала среднему уровню используемой в данном опыте шкалы ($C_v = 16...25\%$).

Все вышеназванные характеристики исследуемых растений проявились на выровненном фоне условий произрастания в границах одного участка при одинаковых технологических параметрах содержания каждого из них, что дает основание признать наследственную обусловленность некоторой доли обнаруженной фенотипической изменчивости тестируемых признаков. Существенность различий по ним между сравниваемыми особями семенного происхождения оценил одноклассовый дисперсионный анализ (табл. 2).

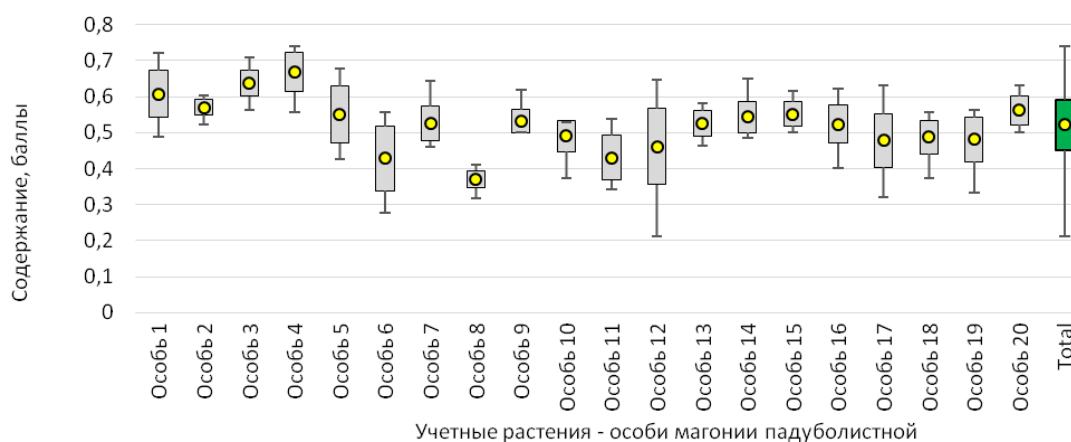


Рис. 5. Доля крахмала в общем содержании запасных веществ в побегах магонии

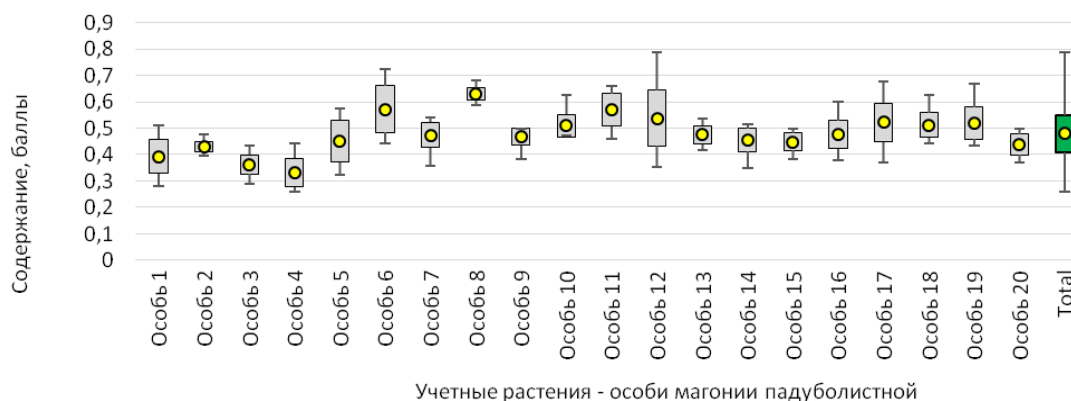


Рис. 6. Доля жиров в общем содержании запасных веществ в побегах магонии

Таблица 2

Существенность индивидуальных различий между особями магонии падуболистной по содержанию и балансу запасных веществ¹

Признаки	F _{оп}	Доля влияния фактора (h ² ± s _h ²)						Критерии различий	
		по Плохинскому			по Снедекору				
		h ²	± s _h ²	F _h ²	h ²	± s _h ²	F _h ²	HCP ₀₅	D ₀₅
Признак 1	3,46	0,4510	0,1304	3,459	0,3297	0,1592	2,071	3,953	5,185
Признак 2	6,02	0,5883	0,0978	6,017	0,5009	0,1185	4,225	2,979	3,907
Признак 3	4,23	0,5011	0,1185	4,230	0,3925	0,1443	2,720	4,803	6,300
Признак 4	3,93	0,4827	0,1229	3,929	0,3694	0,1498	2,466	0,716	0,939
Признак 5	3,57	0,4587	0,1286	3,567	0,3393	0,1569	2,162	0,149	0,195
Признак 6	3,57	0,4587	0,1286	3,567	0,3393	0,1569	2,162	0,149	0,195

¹Показатели: F_{оп} – опытное значение критерия Фишера; F_{05/01} – табличное значение критерия Фишера на 5-процентном и на 1-процентном уровне значимости (F₀₅/F₀₁ = 1,71/2,11); h^2 – доля влияния организованного фактора; $\pm s_h^2$ – ошибка доли влияния организованного фактора; F_h^2 – критерий достоверности доли влияния организованного фактора; HCP₀₅ – наименьшая существенная разность на 5-процентном уровне значимости; D₀₅ – критерий Тьюки на 5-процентном уровне значимости; число первичных единиц выборки каждого признака – 100 п.е.в.; общая емкость базы данных дисперсионного комплекса – 600 дата-единиц.

Этот факт уверенно подтвержден критериями Фишера, расчетные величины которых (3,46...6,02) превысили допустимые табличные значения как на 5%-м, так и на 1%-м уровнях значимости. Такой исход данного этапа дисперсионного анализа позволил продолжить его проведение в отношении оценки эффективности действия организованного фактора, что в нашем случае соответствует генотипически обусловленной специфике исследуемых особей. В расчетах по алгоритму Плохинского доля его влияния (влияние различий между особями семенного происхождения) на формирование общего фона фенотипической изменчивости по разным признакам неодинакова. В частности, по суммарному содержанию крахмала в тканях побегов (признак 1) оно достаточно велико ($45,10 \pm 13,04$ %) и вполне достоверно ($F_h^2 = 3,459$). По суммарному содержанию жиров (признак 2) такие оценки были значительно больше: $h^2 = 58,83 \pm 9,78$ % ($F_h^2 = 6,017$). Близкими по величине оказались результаты вычисления тех же показателей по общей сумме запасных веществ (признак 3): $h^2 = 50,11 \pm 11,85$ % ($F_h^2 = 4,230$). По остальным признакам был получен соизмеримый по величине и смыслу материал. Остаточная дисперсия, причиной возникновения которой традиционно рассматривают ненаправленное влияние внешних условий (неорганизованный фактор), чаще доминировала и составила от 41,17...54,90 %. Вычисления по алгоритму Снедекора дали вполне сопоставимый результат при несколько меньшем уровне оценок.

Критерии существенности различий (HCP₀₅ и D₀₅) обозначают уровень, выше которого различия между сравниваемыми особями будут признаны существенными. Так, по суммарному содержанию крахмала в оценках по HCP₀₅ растение № 2 имело десять существенных отличий от остальных, растение № 4 – пять, а растения с номерами 12, 18, 19 – четыре. Применение более жесткого критерия (D₀₅) привело к некоторому сокращению количества существенных различий, например, у растения № 2 – с 10 до 5.

В порядке обсуждения можно отметить, что установленный характер накопления крахмала и жиров в тканях побегов магонии падуболистной в целом

соответствует существующим взглядам на формирование подобных физиологических характеристик других растений, как интродуцированных в зону проведения исследований [2; 5; 8; 13; 20], так и относящихся к представителям аборигенной дендрофлоры [3–5; 9–11]. Принятый в исследовании методологический подход и задействованные в нем методы [3–5; 8–14; 21] оказались вполне продуктивными и позволили решить задачи, предусмотренные целевой постановки работы. Зафиксированная в рамках её проведения неоднородность рассматриваемых параметров биологического состояния исследуемых растений, в целом, адекватна аналогичным оценкам их варьирования, свойственным широкому перечню древесных видов [3–5; 8–13; 17; 21]. Притом что информационная значимость сезонной динамики физиологического состояния растений ни у кого не вызывает сомнений [23; 26; 27], для их сравнительной оценки нами использован статичный индикатор – достижение одного из этапов феноритма, а именно, выхода из состояния покоя [9–14]. Указанная фаза сезонного развития исследуемых растений традиционно рассматривается как одна из наиболее насыщенных биологическими событиями в жизнедеятельности древесно-кустарниковых пород, способная вскрыть их специфику в данном контексте. Обнаруженная сравнительно высокая степень генотипической обусловленности фенотипической дисперсии показателей физиологического статуса обследованных особей магонии характерна для широкого перечня деревьев и кустарников [3–5; 8; 11; 13; 17; 21]. Поскольку физиологическое состояние растений во многом обеспечивает их приспособленность к окружающей среде (морозо- и жаростойкость, сроки выхода из состояния покоя и перехода к нему, скорость роста, даты репродуктивных фаз и мн. др.) [23; 26; 27; 42], оно как таковое имеет определяющее значение для выживаемости интродуцентов (в частности, магонии падуболистной), в новых местах их расселения. Содержание и баланс запасных веществ в тканях растений семенного происхождения выступает надежной физиологической характеристикой их сезонного состояния и позволяет объективно оценить степень соответствия

динамики биологических процессов, происходящих в их организме, ритмам изменения погодных условий в пунктах интродукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особь магонии падуболистной, имеющие семенное происхождение, демонстрировали заметные фенотипические различия в способности накапливать в тканях своих побегов запасные вещества. Это проявилось как на внутриорганизменном уровне, так и в форме индивидуальной внутривидовой изменчивости и было зафиксировано по всем тестируемым признакам. Если в первом случае полученные оценки относились к ненаследуемой части дисперсии, имеющей исключительно экзогенное происхождение, то во втором – они отражали наличие и влияние на ее формирование генотипической специфики каждого отдельного организма, то есть эффект влияния эндогенного фактора. Проявление указанной неоднородности сопоставляемых биологических объектов на выровненном экологическом фоне и её сохранение при прочих равных лесорастительных или технологических условиях произрастания дает основание для признания эндогенного характера причин возникновения указанной дифференциации и для утверждения о ее наследственной обусловленности. Соответствие физиологии растений сложившимся в регионе природным условиям, что вскрыл анализ содержания и баланса крахмала и жиров в тканях испытываемых интродуцентов, можно рассматривать как один из надежных индикаторов их адаптированности к новым местам существования. Оно выступает убедительным критерием достижения главных целей процедуры введения представителей рода магония в места, лежащие за границами его естественного ареала, служит одним из наиболее весомых аргументов в пользу успешности ее завершения, что в конечном итоге обеспечивает результативность хозяйственного использования указанных экзотов в Нижегородской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Аверкиев Д. С. История развития растительного покрова Горьковской области и ее ботанико-географическое деление // Ученые записки Горьковского университета. Горький, 1954. Вып. XXXV. С. 119–136.
2. Бабаев Р. Н., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Лигнификация ксилемы разных видов березы при интродукции в условиях Нижегородской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 235. С. 40–56. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.40-56.
3. Бабаев Р. Н., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Содержание и баланс запасных веществ в побегах аборигенной и интродуцированных в Нижегородскую область видов и форм березы // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2022. № 1. С. 59–71.
4. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 2/326. С. 58–64.
5. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов П. В. Наследственная обусловленность видоспецифичности тополей по содержанию крахмала в тканях побегов // Лесной вестник / Forestry bulletin. 2021. Т. 25, № 1. С. 22–31. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-22-31.
6. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Лукоянова Н. А., Локтева А. В. Стимулирующий эффект применения биологически активных препаратов в укоренении черенков представителей семейства Барбарисовые (Berberidaceae Juss.) // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2024 : материалы XIII Международной научно-практической конференции : г. Саратов – Нижний Новгород: 4–5 апреля 2024 г. Саратов – Нижний Новгород : Вавиловский университет, НГТУ, 2024. С. 263–271.
7. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Щербаков А. Ю. Популяционная структура географических культур ели европейской в оценках пигментного состава хвои // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 237. С. 113–134. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.113-134.
8. Бессчетнов П. В., Бессчетнова Н. Н. Специфика содержания крахмала в тканях побегов разных видов тополей // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2(26). С. 23–34.
9. Бессчетнова Н. Н. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала в побегах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 2(9). С. 49–55.
10. Бессчетнова Н. Н. Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 4/328. С. 48–55.
11. Бессчетнова Н. Н. Генотипическая неидентичность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала // Известия Оренбургского аграрного университета. 2013. № 4(42). С. 20–23.
12. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Бессчетнов П. В. Содержание и баланс запасных веществ в тканях побегов тополей в Нижегородском Поволжье // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 92–104. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.92-104.
13. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Кулькова А. В., Мишукова И. В. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (Picea A. Dietr.) в условиях интродукции // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57.
14. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Маякова А. А., Вышегородцев А. В. Содержание крахмала в тканях годичных побегов магонии падуболистной в условиях интродукции // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. 2024. № 2(42). С. 13–23.
15. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Орнатский А. Н., Коваленко И. П. Создание лесных культур

сосны обыкновенной посевом семян в Нижегородской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 239. С. 55–75. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.55-75.

16. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Паникаров И. И. Пылезадерживающая способность хвои ели колючей в насаждениях г. Нижнего Новгорода // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 247. С. 188–208. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.188-208.

17. Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Черных В.Л. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по физиологическому состоянию // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 4(28). С. 35–49.

18. Воробьев Р.А., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Тютин А.Ю. Таксационные показатели плюсовых деревьев ели европейской в архиве клонов в Нижегородской области // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 1. С. 12–23. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-1-12-23.

19. Вышегородцев А. В., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Широков А. И. Видоспецифичность регенеративной способности черенков тиса при интродукции в Нижегородскую область // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 2. С. 118–132. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-2-118-132.

20. Есичев А. О., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Содержание жиров в тканях побегов лиственницы сибирской в условиях интродукции в Нижегородскую область // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. XXXIX, № 3. С. 180–190.

21. Есичев А. О., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Бабич А. Н., Кентбаев Е. Ж., Кентбаева Б. А. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 1. С. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27.

22. Исаев А. С., Коровин Г. Н., Сухих В. И., Титов С. П., Уткин А. И., Голуб А. А., Замолотчиков Д. Г., Пряжников А. А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. Москва : Центр экологической политики России, 1995. 156 с.

23. Крамер П. Дж., Козловский Т. Т. Физиология древесных растений: Перевод с английского. Москва : Лесная промышленность, 1983. 464 с.

24. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. Москва : Наука, 1974. 125 с.

25. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва : Высшая школа, 1968. 284 с.

26. Либберт Э. Физиология растений : пер. с нем. Москва : Мир, 1976. 582 с.

27. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений: Перевод с немецкого. Москва : Лесная промышленность, 1974. 424 с.

28. Ляховенко О. И., Чулков Д. И. Основные экологические проблемы российских городов и стратегия их разрешения // Русская политология – Russian political science. 2017. № 3 (4). С. 21–26.

29. Максимов Г. Л. Методы биохимического анализа растений. Ленинград : Издательство Ленинградского государственного университета, 1978. 192 с.

30. Мамаев С. А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости. Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений // Труды Института экологии растений и животных. Вып. 64. Свердловск: Редакционно-издательский совет Уральского филиала академии наук СССР, 1969. С. 3–38.

31. Паникаров И. И., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Взаимозависимость параметров хвои ели колючей в определении ее пылезадерживающей способности // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 6. С. 495–503. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-495-503.

32. Паникаров И. И., Бессчетнова Н. Н., Воробьев Р. А. Изменчивость параметров хвои ели колючей в объектах озеленения Нижнего Новгорода // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XX Всероссийской (национальной) научнотехнической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2024. С. 303–308.

33. Прозина Н. М. Ботаническая микротехника. Москва: Высшая школа, 1960. 205 с.

34. Улитин М. М., Бессчетнов В. П. Эффективность создания лесных культур лиственницы Сукачева в Нижегородской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 237. С. 135–154. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.135-154.

35. Усольцев В. А., Плюха Н. И., Цепордей И. С. Отношение диаметра кроны к диаметру ствола: всеобщие модели лесообразующих видов Евразии // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 1. С. 36–42. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-36-42

36. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Babich N. A., Bryntcev V. A. Differentiation of the plus trees of Scots pine on the physiological status of xylem // Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 2023. № 4. Pp. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-9-25.

37. Chen X.-H., Xiang K.-L., Lian L., Peng H.-W., Erst A. S., Xiang X.-G., Chen Z.-D., Wang W. Biogeographic diversification of Mahonia (Berberidaceae): Implications for the origin and evolution of East Asian subtropical evergreen broadleaved forests // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2020. Vol. 151. Article number 106910. Total pages 11. Pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.ympev.2020.106910.

38. Dawkins H. C. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees // The Commonwealth Forestry Review. 1963. Vol. 42, No. 4(114). Pp. 318–333. URL: <https://www.jstor.org/stable/42603453>.

39. Doweld A. B. New names of fossil Berberidaceae // Phytotaxa. 2018. Vol. 351, No. 1. Pp. 72–80. DOI: 10.11646/phytotaxa.351.1.6.

40. Güner T. H., Denk T. The genus Mahonia in the Miocene of Turkey: Taxonomy and biogeographic implications // Review of Palaeobotany and Palynology.

1 May 2012, Vol. 175. Pp. 32–46. DOI: 10.1016/j.revpalbo.2012.02.005.

41. Hu Q., Huang J., Chen Y.-F., Manchester S.R. Mahonia fossils from the Oligocene of South China : Taxonomic and biogeographic implications // *Palaeoworld*. 2017. Vol. 26, Is. 4. Pp. 691–698. DOI: 10.1016/j.palwor.2017.03.004.

42. Kramer P. J. The role of physiology in forestry // *The Forestry Chronicle*. 1956. Vol. 32, Is. 3. Pp. 297–308. DOI: 10.5558/tfc32297-3.

43. Loconte H., Estes J. Phylogenetic systematics of Berberidaceae and Ranunculales (Magnoliidae) // *Systematic Botany*. 1989. Vol. 14, Is. 4. Pp. 565–579. DOI: 10.2307/2419001.

44. Meacham C. A., Phylogeny of the Berberidaceae with an evaluation of classifications // *Systematic Botany*. 1980. Vol. 5, No. 2. Pp. 149–172. DOI: 10.2307/2418623.

45. Nickol M. G. Phylogeny and inflorescences of Berberidaceae – a morphological survey // *Systematics and Evolution of the Ranunculiflorae*. Plant Systematics and Evolution. Supplement 9. Vol. 9. / Jensen U., Kadereit J. W. eds. Vienna: Springer-Verlag Wien, 1995. Pp. 327–340. DOI: 10.1007/978-3-7091-6612-3_35.

46. Wang B., Bu Y., Tao G. Yan C., Zhou X., Li W., Zhao P., Yang Y., Gou R. Quantifying the effect of crown vertical position on individual tree competition: total overlap index and its application in sustainable forest management // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Article number 7498, Total pages 18. Pp. 1–18. DOI: 10.3390/sul2187498.

47. Wang L.-J., Gao M.-D., Sheng M.-Y., Yin J. Cluster analysis of karyotype similarity coefficients in Epimedium (Berberidaceae): insights in the systematics and evolution // *PhytoKeys*. 2020. No. 161. Pp. 11–26. DOI: 10.3897/phytokeys.161.51046.

48. Wang W., Chen Z.-D., Liu Y., Li R.-Q., Li J.-H. Phylogenetic and Biogeographic Diversification of Berberidaceae in the Northern Hemisphere // *Systematic Botany*. 2007. Vol. 32, Is. 4. Pp. 731–742. DOI: 10.1043/06-16.1.

REFERENCES

1. Averkiev D. S. Istorija razvitiya rastitel'nogo pokrova Gor'kovskoj oblasti i ee botaniko-geograficheskoe delenie // *Uchenye zapiski Gor'kovskogo universiteta*. Gor'kij, 1954. Vyp. XXXV. Pp. 119–136. (In Russian)

2. Babaev R. N., Besschetnova N. N., Besschetov V. P. Lignifikacija ksilemy raznyh vidov berezy pri introdukcii v usloviyah Nizhegorodskoj oblasti // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2021. Vyp. 235. Pp. 40–56. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.40-56. (In Russian)

3. Babaev R. N., Besschetnova N. N., Besschetov V. P. Soderzhanie i balans zapasnyh veshhestv v pobegah aborigennoj i introducirovannyh v Nizhegorodskuju oblast' vidov i form berezy // *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozjajstva*. 2022. № 1. Pp. 59–71. DOI: 10.21178/2079-6080.2022.1.59. (In Russian)

4. Besschetov V. P., Besschetnova N. N. Selekcionnaja ocenka pljusovyh derev'ev sosny obyknovЕННОj

metodami mnogomernogo analiza // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. № 2/326. 2012. Pp. 58–64. (In Russian)

5. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Besschetnov P. V. Nasledstvennaja obuslovlennost' vidospecifichnosti topolej po sodержaniju krahmala v tkanjah pobegov // *Lesnoj vestnik / Forestry bulletin*. 2021. T. 25, № 1. Pp. 22–31. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-22-31. (In Russian)

6. Besschetov V. P., Besschetnova N. N., Lukoyanova N. A., Lokteva A. V. Stimulirujushhij jeffekt primeneniya biologicheskij aktivnyh preparatov v ukorenenii cherenkov predstavitelej semejstva Barbarisovye (Berberidaceae Juss.) // *Landshaftnaja arhitektura i prirodoobustrojstvo: ot proekta do jekonomiki – 2024. Mater. XIII Mezhd. nauch.-prakt. konf.: g. Saratov – Nizhnij Novgorod: 4–5 aprelya 2024 g. Saratov – Nizhnij Novgorod : Vavilovskij universitet, NGATU, 2024. Pp. 263–271. (In Russian)*

7. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Shcherbakov A. Yu. Populjacionnaja struktura geograficheskij kul'tur eli evropejskoj v ocenkah pigmentnogo sostava hvoi // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2021. Vyp. 237. Pp. 113–134. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.113-134. (In Russian)

8. Besschetnov P. V., Besschetnova N. N. Specifika sodержanija krahmala v tkanjah pobegov raznyh vidov topolej // *Vestnik Nizhegorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2020. № 2(26). Pp. 23–34. (In Russian)

9. Besschetnova N. N. Sravnitel'naja ocenka pljusovyh derev'ev sosny obyknovЕННОj po sodержaniju krahmala v pobegah // *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*. 2010. № 2(9). Pp. 49–55. (In Russian)

10. Besschetnova N. N. Soderzhanie zhirov v kletkah pobegov pljusovyh derev'ev sosny obyknovЕННОj // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2012. № 4/328. Pp. 48–55. (In Russian)

11. Besschetnova N. N. Genotipicheskaja neidentichnost' pljusovyh derev'ev sosny obyknovЕННОj po sodержaniju krahmala // *Izvestija Orenburgskogo agrarnogo universiteta*. 2013. № 4(42). Pp. 20–23. (In Russian)

12. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Besschetnov P. V. Soderzhanie i balans zapasnyh veshhestv v tkanjah pobegov topolej v Nizhegorodskom Povolzh'e // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2020. Vyp. 232. Pp. 92–104. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.92-104. (In Russian)

13. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Kulkova A. V., Mishukova I. V. Soderzhanie krahmala v tkanjah pobegov raznyh vidov eli (Picea A. Dietr.) v usloviyah introdukcii // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2017. № 4. Pp. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57. (In Russian)

14. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Mayakova A. A., Vyshegorodtsev A. V. Soderzhanie krahmala v tkanjah godichnyh pobegov magonii padubolistnoj v usloviyah introdukcii // *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta*. 2024. № 2(42). Pp. 13–23. (In Russian)

15. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Ornatsky A. N., Kovalenko I. P. Sozdanie lesnyh kul'tur sosny obyknovnoy posevom semjan v Nizhegorodskoj oblasti // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2022. Vyp. 239. Pp. 55–75. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.55-75. (In Russian)
16. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Panikarov I. I. Pylezaderzhivajushhaja sposobnost' hvoy eli koljuchej v nasazhdenijah g. Nizhnego Novgoroda // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2024. Vyp. 247. Pp. 188–208. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.188-208. (In Russian)
17. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Chernyh V. L. Genotipicheskoe neshodstvo pljusovyh derev'ev sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) po fiziologicheskomu sostojaniju // *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie*. 2015. № 4(28). Pp. 35–49. (In Russian)
18. Vorob'ev R. A., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Tjutin A. Ju. Taksacionnye pokazateli pljusovyh derev'ev eli evropejskoj v arhive klonov v Nizhegorodskoj oblasti // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2023. T. XLI, № 1. Pp. 12–23. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-1-12-23. (In Russian)
19. Vyshegorodcev A. V., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Shirokov A. I. Vidospecifichnost' regenerativnoj sposobnosti cherenkov tisa pri introdukcii v Nizhegorodskuju oblast' // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2023. T. XLI, № 2. Pp. 118–132. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-2-118-132. (In Russian)
20. Esichev A. O., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Soderzhanie zhirov v tkanjah pobegov listvennicy sibirskoj v uslovijah introdukcii v Nizhegorodskuju oblast' // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2021. T. XXXIX, № 3. Pp. 180–190. (In Russian)
21. Esichev A. O., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Babich A. N., Kentbaev E. Zh., Kentbaeva B. A. Soderzhanie i balans zapasnyh veshhestv v pobegah listvennicy sibirskoj v uslovijah reintrodukcii v Nizhegorodskuju oblast' // *Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin*. 2022. T. 26, № 1. S. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27. (In Russian)
22. Isaev A. S., Korovin G. N., Suhil V. I., Titov S. P., Utkin A. I., Golub A. A., Zamolodchikov D. G., Prjazhnikov A. A. Jekologicheskie problemy pogloshhenija uglekislogo gaza posredstvom lesovosstanovlenija i lesorazvedenija v Rossii. Moskva : Centr jekologicheskoy politiki Rossii, 1995. 156 p. (In Russian)
23. Kramer P. Dzh., Kozlovskij T. T. Fiziologija drevesnyh rastenij: Perevod s anglijskogo. Moskva : Lesnaja promyshlennost', 1983. 464 p. (In Russian)
24. Kulagin Ju. Z. Drevesnye rastenija i promyshlennaja sreda. Moskva : Nauka, 1974. 125 p. (In Russian)
25. Lakin G. F. Biometrija. Moskva : Vysshaja shkola, 1968. 284 p. (In Russian)
26. Libbert Je. Fiziologija rastenij: Perevod s nemeckogo. Moskva : Mir, 1976. 582 p.
27. Lir H., Pol'ster G., Fidler G.-I. Fiziologija drevesnyh rastenij: Perevod s nemeckogo. Moskva : Lesnaja promyshlennost', 1974. 424 p. (In Russian)
28. Ljahovenko O. I., Chulkov D. I. Osnovnye jekologicheskie problemy rossijskih gorodov i strategija ih razreshenija // *Russkaja politologija – Russian political science*. 2017. № 3 (4). Pp. 21–26. (In Russian)
29. Maksimov G. L. Metody biohimicheskogo analiza rastenij. Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta, 1978. 192 p. (In Russian)
30. Mamaev S. A. O problemah i metodah vnutrividovoj sistematiki drevesnyh rastenij. II. Amplituda izmenchivosti. Zakonomernosti formoobrazovanija i differenciacii vida u drevesnyh rastenij // *Trudy Instituta jekologii rastenij i zhivotnyh*. Vypusk 64. Sverdlovsk : Redakcionno-izdatel'skij sovet Ural'skogo filiala akademii nauk SSSR, 1969. Pp. 3–38. (In Russian)
31. Panikarov I. I., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P. Vzaimozavisimost' parametrov hvoy eli koljuchej v opredelenii ee pylezaderzhivajushhej sposobnosti // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2023. T. XLI, № 6. Pp. 495–503. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-495-503. (In Russian)
32. Panikarov I. I., Besschetnova N. N., Vorob'ev R. A. Izmenchivost' parametrov hvoy eli koljuchej v ob'ektah ozelenenija Nizhnego Novgoroda // *Nauchnoe tvorcestvo molodezhi — lesnomu kompleksu Rossii. Materialy XX Vserossijskoj (nacional'noj) nauchnotekhnicheskoy konferencii studentov i aspirantov*. Ekaterinburg : Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet, 2024. Pp. 303–308. (In Russian)
33. Prozina N. M. Botanicheskaja mikrotehnika. Moskva : Vysshaja shkola, 1960. 205 p.
34. Ulitin M. M., Besschetnov V. P. Jeffektivnost' sozdanija lesnyh kul'tur listvennicy Sukacheva v Nizhegorodskoj oblasti // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2021. Vyp. 237. Pp. 135–154. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.135-154. (In Russian)
35. Usol'cev V. A., Pljuha N. I., Cepordej I. S. Otnoshenie diametra krony k diametru stvola: vseobshhie modeli lesobrazujushhih vidov Evrazii // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2024. T. XLII, № 1. Pp. 36–42. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-36-42. (In Russian)
36. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Babich N. A., Bryntcev V. A. Differentiation of the plus trees of Scots pine on the physiological status of xylem // *Lesnoj Zhurnal [Russian Forestry Journal]*. 2023. № 4. Pp. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-9-25.
37. Chen X.-H., Xiang K.-L., Lian L., Peng H.-W., Erst A. S., Xiang X.-G., Chen Z.-D., Wang W. Biogeographic diversification of Mahonia (Berberidaceae): Implications for the origin and evolution of East Asian subtropical evergreen broadleaved forests // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2020. Vol. 151. Article number 106910. Total pages 11. Pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.ympev.2020.106910.
38. Dawkins H. C. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees // *The Commonwealth Forestry Review*. 1963. Vol. 42, No. 4(114). Pp. 318–333. URL: <https://www.jstor.org/stable/42603453>.
39. Doweld A. B. New names of fossil Berberidaceae // *Phytotaxa*. 2018. Vol. 351, No. 1. Pp. 72–80. DOI: 10.11646/phytotaxa.351.1.6.

40. Güner T. H., Denk T. The genus *Mahonia* in the Miocene of Turkey: Taxonomy and biogeographic implications // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1 May 2012, Vol. 175. Pp. 32–46. DOI: 10.1016/j.revpalbo.2012.02.005.
41. Hu Q., Huang J., Chen Y.-F., Manchester S. R. *Mahonia* fossils from the Oligocene of South China: Taxonomic and biogeographic implications // *Palaeoworld*. 2017. Vol. 26, Is. 4. Pp. 691–698. DOI: 10.1016/j.palwor.2017.03.004.
42. Kramer P. J. The role of physiology in forestry // *The Forestry Chronicle*. 1956. Vol. 32, Is. 3. Pp. 297–308. DOI: 10.5558/tfc32297-3.
43. Loconte H., Estes J. Phylogenetic systematics of Berberidaceae and Ranunculales (Magnoliidae) // *Systematic Botany*. 1989. Vol. 14, Is. 4. Pp. 565–579. DOI: 10.2307/2419001.
44. Meacham C. A. Phylogeny of the Berberidaceae with an evaluation of classifications // *Systematic Botany*. 1980. Vol. 5, No. 2. Pp. 149–172. DOI: 10.2307/2418623.
45. Nickol M. G. Phylogeny and inflorescences of Berberidaceae – a morphological survey // *Systematics and Evolution of the Ranunculiflorae*. Plant Systematics and Evolution. Supplement 9. Vol. 9 / Jensen U., Kade-reit J. W. eds. Vienna: Springer-Verlag Wien, 1995. Pp. 327–340. DOI: 10.1007/978-3-7091-6612-3_35.
46. Wang B., Bu Y., Tao G. Yan C., Zhou X., Li W., Zhao P., Yang Y., Gou R. Quantifying the effect of crown vertical position on individual tree competition: total overlap index and its application in sustainable forest management // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Article number 7498, Total pages 18. Pp. 1–18. DOI: 10.3390/su12187498.
47. Wang L.-J., Gao M.-D., Sheng M.-Y., Yin J. Cluster analysis of karyotype similarity coefficients in *Epimedium* (Berberidaceae): insights in the systematics and evolution // *PhytoKeys*. 2020. No. 161. Pp. 11–26. DOI: 10.3897/phytokeys.161.51046.
48. Wang W., Chen Z.-D., Liu Y., Li R.-Q., Li J.-H. Phylogenetic and Biogeographic Diversification of Berberidaceae in the Northern Hemisphere // *Systematic Botany*. 2007. Vol. 32, Is. 4. Pp. 731–742. DOI: 10.1043/06-16.1.

© Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П.,
Сунгурова Н. Р., Маякова А. А.,
Вышегородцев А. В., 2024

Поступила в редакцию 03.09.2024
Принята к печати 23.12.2024

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

В. Ф. Коновалов, Д. А. Рафикова

Башкирский государственный аграрный университет
Российская Федерация, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
E-mail: vfkonovalev@bk.ru; din-ka5@mail.ru

Аннотация: Изучены таксационные показатели клонов, семей плюсовых деревьев сосны обыкновенной и искусственных насаждений вида по основным морфометрическим признакам стволов. Выявлено преимущество в росте клонового потомства плюсовых деревьев, по сравнению с семейственным потомством и деревьями в культурценозах. В результате проведенных исследований по оценке генетической изменчивости сосны обыкновенной с использованием ISSR-маркеров, выявлен различный уровень полиморфных локусов. В потомстве плюсовых деревьев на ЛСП данный показатель варьировал от 67,71 до 70,83 %, в древостоях искусственных насаждениях – от 60,42 до 63,54 %. Обобщенные показатели для всех исследованных ЛСП по доле полиморфных локусов составили 82,29 %, искусственных насаждений – 61,98 %, генетическому разнообразию и индексу Шеннона 0,239 и 0,332 соответственно, что свидетельствует о достаточно высоком уровне изменчивости растений. В результате генетических исследований выявлен высокий полиморфизм клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях в Башкирском Предуралье. Полученные сведения о генетической и фенотипической неоднородности клонов плюсовых деревьев данного вида являются важной основой проведения научно обоснованного селекционного отбора и выделения ценных генотипов для паспортизации существующих и создания лесосеменных плантаций более высокого генетического уровня.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, диаметр, высота ствола, крона, плюсовые деревья, клоны, лесосеменная плантация, изменчивость, ISSR-маркеры, искусственные насаждения.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 34–43

ASSESSMENT OF GENETIC VARIABILITY OF SCOTS PINE PLUS TREES ON FOREST-SEED PLANTATIONS IN BASHKIR CIS-URALS

V. F. Konovalev, D. A. Rafikova

Bashkir State Agrarian University
34, 50th Anniversary Oktyabrya St., Ufa, 450001, Russian Federation
E-mail: vfkonovalev@bk.ru; din-ka5@mail.ru

Abstract: The taxation indicators of clones, families of plus trees of Scots pine and artificial plantations of the species were studied according to the main morphometric features of the trunks. An advantage was revealed in the growth of clone offspring of plus trees, in comparison with family offspring and trees in culturceneses. Studies assessing genetic variation in Scots pine using ISSR markers revealed different levels of polymorphic loci. In the offspring of plus trees on forest-seed plantations, this indicator ranged from 67,71 to 70,83 %, and it ranged from 60,42 to 63,54 % in the stands of artificial plantations. – The generalized indicators for all investigated forest-seed plantations, by the proportion of polymorphic loci were 82,29 %, artificial plantings – 61,98 %, genetic diversity and Shannon index 0,239 and 0,332, respectively, which indicates a fairly high level of plant variability.

As a result of genetic studies, a high polymorphism of ordinary pine clones was revealed on forest-seed plantations in the Bashkir Cis-Urals. The obtained information on the genetic and phenotypic heterogeneity of clones of plus trees of this species is an important basis for scientifically substantiated selection and selection of valuable genotypes for certification of existing and creation forest-seed plantations of a higher genetic level.

Keywords: Scots pine, diameter, trunk height, crown, plus trees, clones, forest-seed plantation, variability, ISSR-markers, artificial plantations.

ВВЕДЕНИЕ

Современное лесное семеноводство основано на внедрении селекционно-генетических методов в воспроизводство высококачественных лесных семян,

разработанных отечественными и зарубежными учёными. Главными задачами научных разработок являются оценка генетического разнообразия, генотипирования и геномного анализа лесных древесных видов

[6; 13; 20; 21; 23; 25; 33; 40], молекулярно-генетический анализ существующих лесосеменных объектов и насаждений [4; 7; 8; 11; 27], повышение качества и эффективности ЛСП в производстве семян с высокими наследственными свойствами [5]. В настоящее время важное внимание уделяется оценке генетического потенциала лесных популяций, объектов единого генетико-селекционного комплекса с использованием молекулярных маркеров [9; 18; 19; 24; 29; 30; 31], поэтапной паспортизации деревьев на лесосеменных плантациях [10]. Оптимальным условием для паспортизации ЛСП и сертификации семян, особенно хвойных видов, анализа генома растений признан метод микросателлитного анализа, основанный на полимеразной цепной реакции [1]. Генетические маркеры вносят значительный вклад в понимании процесса дрейфа генов, уровня генетического разнообразия растений, системы скрещивания в лесных популяциях. Использование в лесной генетике аллозимного анализа позволило его считать, как объективный метод оценки генетической изменчивости древесных видов, позволяющий осуществлять идентификацию генотипов, обоснованно определять вклад родительских особей в потомство [6; 11; 26]. Исследованиями отечественных и зарубежных учёных доказана эффективность применения молекулярных маркеров при генетической оценке хвойных древесных видов и их потомств на лесосеменных объектах. Однако в Башкирском Предуралье подобные исследования носят фрагментарный характер и практически не затрагивали объекты лесного семеноводства. В связи с этим, нами уделено важное внимание генетической оценке плюсового фонда сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях. В сравнительном аспекте в объекты исследования включены искусственные насаждения данного древесного вида, площадь которого в лесном фонде Республики Башкортостан составляет более 20 %.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с поставленными задачами исследования в качестве опытных объектов подобраны лесосеменные плантации – клоновые, семейственные (ЛСП) и искусственные насаждения сосны обыкновенной в Ангасякском участковом лесничестве Дюртюлинского лесничества Республики Башкортостан (табл. 1). Территория лесничества расположена в зоне широколиственных лесов, район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской

части Российской Федерации Приуральского лесостепного района. Насаждения в объектах исследования являются одновозрастными или относятся в категорию условно одновозрастных, что позволяет проводить оценку роста и генетического разнообразия деревьев сосны обыкновенной в сравнительном аспекте. Генетическая оценка плюсовых деревьев вида проведена на клоновых, семейственной лесосеменных плантациях и в лесных культурах, созданных посадочным материалом, выращенным из семян первого класса качества. Деревья на ЛСП сосны обыкновенной различного года создания произрастают в идентичных почвенно-климатических и лесорастительных условиях – С₂–С₃. Древостои сосны обыкновенной на опытных объектах характеризуются высоким классом бонитета 1-2, являются по составу древесных пород чистыми.

Размещение деревьев на ЛСП достаточно редкое, что способствует хорошему развитию кроны и семенному в данных лесорастительных условиях. В целом лесорастительные условия региона вполне благоприятны для произрастания аборигенных хвойных видов, к числу которых принадлежит сосна обыкновенная. Методологической основой работы явились принципы и подходы, изложенные в классических литературных источниках отечественных и зарубежных учёных в области селекционно-генетических и лесоводственных исследований. Организационно научным аспектом исследования явилось выдвижение следующих важных гипотез: клоновое, семенное потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной и искусственные насаждения вида существенно различаются по таксационным показателям, характеризующим закономерности их роста и развития; по характеру роста различия между плюсовыми деревьями обусловлены генотипически; морфометрические показатели древесных стволов по уровню вариабельности их количественных величин зависимы от абиотических и биотических факторов. Сбор экспериментального материала проводился стационарным методом путем сплошного перечёта деревьев на ЛСП и в лесных культурах. Диаметр стволов измерялся мерной вилкой, высота – высотомером SUUNTO RM-5/1520. Диаметр кроны в двух направлениях фиксировался мерной лентой с точностью до 1 см, протяжённость кроны – мерной лентой и электронным высотомером. В качестве исходного материала для экстракции ДНК использовалась свежая хвоя сосны обыкновенной. За основу бралась методика с применением 2×СТАВ-буфера [32].

Таблица 1
Краткая характеристика объектов сосны обыкновенной

Наименование объекта	Квартал	Выдел	Площадь, га	Год закладки	Схема размещения растений, м	Количество растений, шт/га
Клоновая ЛСП (№ 18)	118	20	1,0	1980	5×5	400
Клоновая ЛСП (№ 24)	122	1	1,0	1982	10×10	100
Клоновая ЛСП (№ 32)	118	20	1,0	1980	6×8	208
Семейственная ЛСП (№ 28)	122	1	3,0	1981	8×10	125
Лесные культуры (№ 1)	86	28	2,5	1979	2,5×1,0	4000
Лесные культуры (№ 2)	122	1	3,5	1980	2,0×1,0	5000

Молекулярно-генетические исследования клоновых, семейственных потомств плюсовых деревьев и искусственных древостоев сосны обыкновенной по ISSR-маркерам осуществлялись по методикам ряда авторов [12; 16; 17]. Для установления уровня изменчивости признаков использовали шкалу С. А. Мамаева [15]. Для оценки внутри- и межклоновой изменчивости изучаемых признаков применялся факторный анализ. Опытные данные подвергались статистической обработке в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [2; 14]. Для расчета генетических параметров, использовали специализированную программу POPGENE Version 1.32, позволяющую выполнять расчет следующих показателей: доля полиморфных локусов, общее (наблюдаемое) число аллелей (na), эффективное число аллелей (ne) [34], генетическое разнообразие по Нею [37], информационный индекс Шеннона [22; 39], доля межпопуляционного генетического разнообразия в общем разнообразии или показатель подразделенности популяций (Gst) [38].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для обеспечения высокого уровня генетического разнообразия используемых семян при выращивании посадочного материала важно, чтобы на лесосеменных плантациях был достаточно высокий потенциал генетической изменчивости. Оценка уровня генетической изменчивости на клоновых и семейственных ЛСП проводилась в сравнении с близкими по возрасту искусственными сосновыми насаждениями, сформированными в идентичных лесорастительных условиях и географическом районе. На лесосеменных плантациях (табл. 2) и в искусственных насаждениях (табл. 3) проводилась оценка биометрических показателей стволов потомства плюсовых и нормальных деревьев. Отбирались образцы хвои для изучения генетической изменчивости и генетической структуры лесосеменных плантаций и искусственных насаждений сосны обыкновенной.

Анализируя данные, приведенные в табл. 2, необходимо отметить, что на клоновых ЛСП по всем оцениваемым показателям потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной характеризуется более лучшими показателями роста, по сравнению с семейственной плантацией (контроль).

Средняя величина диаметра стволов варьирует от $21,4 \pm 1,04$ см до $32,3 \pm 1,34$ см, высоты – $12,7 \pm 0,57$ м – $17,1 \pm 0,82$ м, диаметра кроны – $6,7 \pm 0,30$ м – $10,2 \pm 0,51$ м, протяженности кроны – $10,3 \pm 0,49$ м – $13,8 \pm 0,65$ м.

При сравнении плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов с насаждениями семейственной плантации (контроль) достоверные различия установлены по большинству биометрических показателей – диаметру ствола ($t_{\text{факт}} = 2,29-6,41$), высоте ($t_{\text{факт}} = 2,70-4,40$), диаметру кроны ($t_{\text{факт}} = 2,45-5,66$) и её протяженности ($t_{\text{факт}} = 3,08-4,75$). В искусственных насаждениях (табл. 3) изменчивость диаметра стволов составила от $17,7 \pm 0,74$ см до $19,8 \pm 0,81$ см, высоты – $11,6 \pm 0,33$ м – $12,4 \pm 0,44$ м, диаметра кроны – $4,9 \pm 0,22$ м – $5,2 \pm 0,24$ м и протяженности кроны – $5,8 \pm 0,23$ м – $5,2 \pm 0,24$ м.

Оцениваемые биометрические показатели древесных стволов в лесных культурах сосны обыкновенной значительно ниже соответствующих величин для лесосеменных плантаций.

При изучение генетической изменчивости клонов и семей плюсовых деревьев сосны обыкновенной с ISSR-маркерами, а также деревьев вида в искусственных насаждениях, позволило установить следующие закономерности (табл. 4). По результатам ISSR-анализа ДНК, выделенной из хвои исследуемых деревьев сосны, было установлено, что 5 ISSR-праймеров позволяют определить 96 амплифицируемых фрагментов, из которых 79 полиморфны. Число амплифицируемых фрагментов ДНК в общей выборке деревьев варьировало в зависимости от праймеров следующим образом: по 20 у (CA)₆AGCT и (CA)₆GT, 23 – (CA)₆AG, 18 – (CA)₆AC, 15 – (AG)₈T.

Таблица 2

Биометрические показатели деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях

Показатели	M	±m	σ	V, %	P, %
ЛСП № 32 (1980 г.) – клоновая					
Диаметр ствола, см	25,0**	1,21	4,86	19,44	4,84
Высота ствола, м	15,0**	0,64	2,70	18,00	4,27
Диаметр кроны, м	6,7	0,30	1,80	26,86	4,47
Протяженность кроны, м	13,0**	0,62	2,52	19,38	4,77
ЛСП № 18 (1980 г.) – клоновая					
Диаметр ствола, см	27,8***	1,31	4,52	16,26	4,71
Высота ствола, м	17,1***	0,82	3,10	18,13	4,79
Диаметр кроны, м	8,0*	0,38	1,78	22,25	4,75
Протяженность кроны, м	13,2***	0,61	2,13	16,14	4,62
ЛСП № 24 (1982 г.) – клоновая					
Диаметр ствола, см	32,3***	1,34	4,76	14,74	4,14
Высота ствола, м	13,5	0,65	2,26	16,74	4,81
Диаметр кроны, м	10,2***	0,51	1,92	18,82	5,01
Протяженность кроны, м	13,8**	0,65	2,26	16,38	4,71
ЛСП № 28 (1981 г.) – семейственная (контроль)					
Диаметр ствола, см	21,4	1,04	3,90	18,22	4,85
Высота ствола, м	12,7	0,57	1,61	12,68	4,49
Диаметр кроны, м	6,8	0,32	1,24	18,23	4,70
Протяженность кроны, м	10,3	0,49	2,13	20,67	4,76

Примечание: коэффициенты достоверности Стьюдента: * $t_{05} = 2,18$; ** $t_{01} = 3,05$; *** $t_{001} = 4,32$.

Таблица 3

Биометрические показатели деревьев сосны обыкновенной в искусственных насаждениях

Показатели	M	±m	σ	V, %	P, %
Лесные культуры (№ 1)					
Диаметр ствола, см	19,8	0,81	2,30	11,62	4,09
Высота ствола, м	11,6	0,33	1,06	9,13	2,84
Диаметр кроны, м	5,2	0,24	0,78	15,00	4,61
Протяженность кроны, м	6,2	0,29	1,21	19,52	4,68
Лесные культуры (№ 2)					
Диаметр ствола, см	17,7	0,74	1,94	10,96	4,18
Высота ствола, м	12,4	0,44	1,25	10,08	3,55
Диаметр кроны, м	4,9	0,22	0,85	17,34	4,48
Протяженность кроны, м	5,8	0,23	1,23	21,21	3,96

Таблица 4

Результаты ПЦР-анализа ДНК клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной с ISSR-маркерами

Праймер	Количество фрагментов ДНК		Длины амплифицируемых фрагментов, п. н.
	всего	полиморфных	
(CA) ₆ AGCT	20	16	230–1220
(CA) ₆ AG	23	20	200–1270
(CA) ₆ GT	20	17	260–1240
(CA) ₆ AC	18	14	230–1700
(AG) ₈ T	15	12	290–1200
Всего	96	79	200–1700

При анализе, в среднем, у сосны обыкновенной праймер инициировал 19 фрагментов ДНК, при усредненном показателе полиморфных фрагментов – 16. Длины амплифицируемых фрагментов ДНК варьировали минимально и максимально от 200 до 1700 п. н.

На основании анализа полученных электрофореграмм были рассчитаны частоты встречаемости аллелей обнаруженных локусов для анализируемой совокупности плюсовых деревьев. Полученные частоты ISSR-фрагментов использовались для оценки основных параметров генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Пример индивидуальной изменчивости клонов сосны обыкновенной по ISSR-праймеру (AG)₈T приведен на рис. 1. Для оценки уровня генетической изменчивости лесосеменных плантаций были рассчитаны следующие па-

раметры: доля полиморфных локусов (P), наблюдаемое (Na) и эффективное (Ne) число аллелей, общее генетическое разнообразие (H), информационный индекс Шеннона (I) (табл. 5). Доля полиморфных локусов в целом для ЛСП составила 82,29 %, что свидетельствует о высоком полиморфизме потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Высокий уровень полиморфизма выявлен на клоновой ЛСП № 18 – 70,83 %, для ЛСП № 28 и 32 этот показатель равен 67,71 %. В объединенной группе клоновых ЛСП (№ 18, 24, 32) уровень полиморфизма составил 81,25 %. Наблюдаемое число аллелей для разных лесосеменных плантаций варьирует от 1,656 до 1,708. Для совокупности клоновых и семейственных ЛСП данные показатели достигают величины 1,813 и 1,823 соответственно.

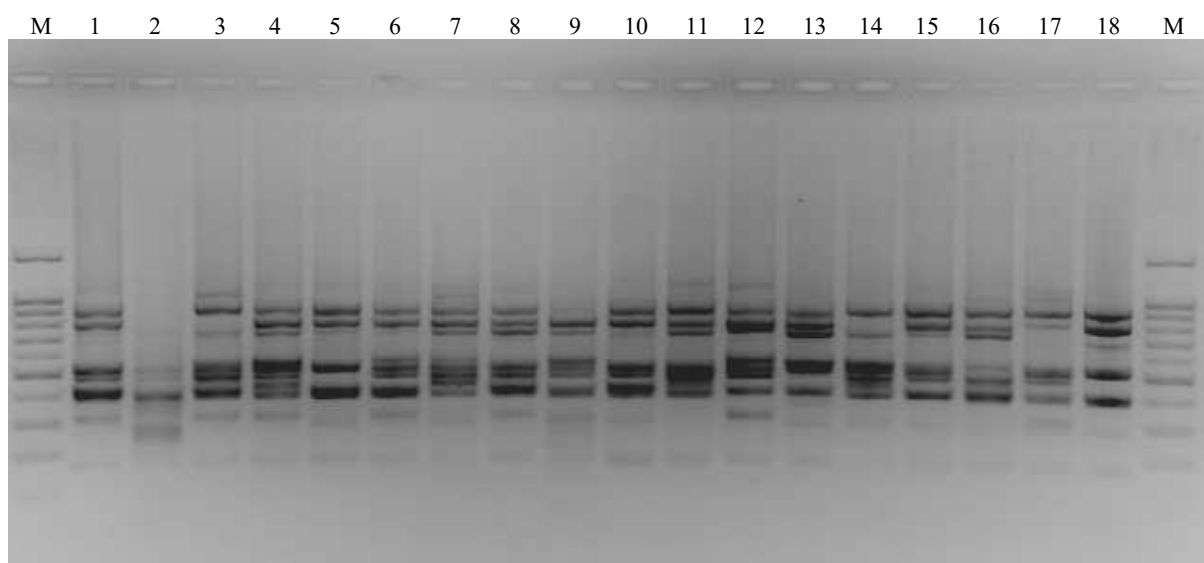


Рис. 1. Электрофореграмма продуктов ISSR-PCR-анализа ДНК сосны обыкновенной с праймером (AG)₈T: 1–18 – номера образцов ДНК; М – маркер молекулярных размеров (СибЭнзим, 100 bp + 3,0 kb)

Эффективное число аллелей оценивает величину, обратную гомозиготности, и представляет собой такое число аллелей, при одинаковой частоте которых гетерозиготность особей в популяции будет равна фактической [3]. В исследуемых нами лесосеменных плантациях эффективное число аллелей варьирует от 1,351 до 1,386. Для клоновых ЛСП и обобщенно для всех лесосеменных плантаций этот показатель составляет соответственно 1,398–1,389. Наиболее высокое значение параметров генетической изменчивости характерно для клоновой ЛСП № 18, в которых общее генетическое разнообразие плюсовых деревьев сосны обыкновенной составило 0,226, а информационный индекс Шеннона, характеризующий отличительные особенности особей – 0,342. По другим лесосеменным объектам данный показатель составил от 0,317 до 0,336, для всей совокупности деревьев – 0,332. Индексы фиксации Райта – F_{is} (коэффициент инбридинга) для совокупности потомства плюсового деревьев сосны обыкновенной в лесосеменных объектах характеризуются достаточно близкими величинами – 0,181–0,194, достигая уровня 0,229 для всех клоновых плантаций и 0,238 для всей их объединенной совокупности. Выявленные показатели генетической разнообразия плюсовых деревьев вида по всем анализируемым лесосеменным объектам изменяются незначительно и их значения достаточно близки – 0,208–0,242, что соответствует видовому уровню сосны обыкновенной. Оценка уровня генетической изменчивости потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП проводилась в сравнении с насаждениями искусственного происхождения того же вида и возраста, произрастающих в сходных лесорастительных условиях (табл. 6).

В результате проведенных исследований было выявлено, что доля полиморфных локусов у всех изу-

ченных деревьев сосны обыкновенной в лесных культурах составила 84,38 %, против 82,29 % для клонового и семейственного потомства на ЛСП. В потомстве плюсовых деревьев на объектах ЛСП данный показатель варьировал от 67,71 до 70,83 %, а в искусственных насаждениях от 60,42 до 63,54 %. В целом для всех исследованных насаждений наблюдаемое число аллелей составило 1,844, с вариацией данного показателя от 1,604 до 1,635, эффективное число аллелей – 1,418 с вариацией от 1,318 до 1,346. Близкими, по сравнению с ЛСП, являются показатели генетического разнообразия сосны обыкновенной – 0,189–0,207 при объединённом значении (0,250), индекс Шеннона – 0,288–0,315 (0,382) и индекс фиксации Райта – 0,176–0,178 (0,231). Сравнение основных показателей генетической изменчивости потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП и в искусственных насаждениях данного древесного вида приведено на рис. 2. Нами отмечено, что изученные лесосеменные плантации и искусственные насаждения сосны обыкновенной не существенно отличаются по наблюдаемому и эффективному числу аллелей, общему генетическому разнообразию, информационному индексу Шеннона и индексу фиксации Райта. Однако, как видно из приведенной диаграммы, все перечисленные показатели генетической изменчивости выше для потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на клоновой плантации № 18. Наблюдаемое и эффективное число аллелей характеризуется величинами 1,708 и 1,386 соответственно, генетическое разнообразие – 0,226, индекс Шеннона – 0,342. Общее генетическое разнообразие и индекс Шеннона в целом для всех исследуемых ЛСП и лесных культур сосны обыкновенной составили 0,332 и 0,382 соответственно, что является достаточно высоким уровнем значения исследуемых генетических показателей.

Таблица 5

Основные показатели генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях

Объект	Количество плюсовых деревьев, шт.	Показатели					
		P, %	Na	Ne	H	I	F_{is}
ЛСП № 28 семейственная	12	67,71	1,677	1,373	0,222	0,336	0,181
ЛСП № 18, клоновая	9	70,83	1,708	1,386	0,226	0,342	0,188
ЛСП № 24 клоновая	7	65,62	1,656	1,373	0,218	0,321	0,171
ЛСП № 32 клоновая	12	67,71	1,677	1,351	0,208	0,317	0,194
ЛСП № 18, 24, 32	28	81,25	1,813	1,398	0,242	0,325	0,229
В целом для плюсовых деревьев	40	82,29	1,823	1,389	0,239	0,332	0,238

Примечание: P – полиморфность, %; Na – наблюдаемое число аллелей; Ne – эффективное число аллелей; H – генетическое разнообразие; I – индекс Шеннона; F_{is} – индекс фиксации Райта.

Таблица 6

Основные показатели генетической изменчивости сосны обыкновенной в искусственных насаждениях

Объект	Количество деревьев, шт/га	Показатели*					
		P, %	Na	Ne	H	I	F_{is}
Искусственное насаждение № 1	4000	63,54	1,635	1,346	0,207	0,315	0,176
Искусственное насаждение № 2	4000	60,42	1,604	1,318	0,189	0,288	0,178
В целом для всех объектов	–	84,38	1,844	1,418	0,250	0,382	0,231

Примечание: наименование генетических показателей приведено в табл. 5.

Одним из способов оценки генетической дифференциации сравниваемых групп растений является определение генетического расстояния между ними и их генетической идентичности. Генетическое расстояние описывает степень различия и разнообразия популяций по наличию (отсутствию) или частотам аллелей используемых маркеров. Малое генетическое расстояние означает генетическое сходство растений, большее генетическое расстояние свидетельствует о меньшем генетическом сходстве.

Для оценки генетической дифференциации потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной разного происхождения рассчитана генетическая дистанция Нея [37] (табл. 7).

Установлено, что все группы плюсовых деревьев вида в исследуемых объектах генетически дифференцированы друг от друга.

При этом, наиболее генетически близкими являются плюсовые деревья на клоновых ЛСП, генетическая дистанция между которыми варьирует от 0,026 до 0,055. Наиболее генетически отдаленными, по сравнению с клоновым потомством, являются семьи плюсовых деревьев на ЛСП № 28 с генетической дистанцией 0,946–0,975.

Менее генетически дифференцированными оказались искусственные насаждения сосны обыкновенной с величинами генетических дистанций от 0,930 до 0,946.

На основании полученных коэффициентов генетической дифференциации потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП, деревьев данного вида в искусственных насаждениях, с применением не взвешенного парно-группового метода, построена дендрограмма, наглядно представленная на рис. 3.

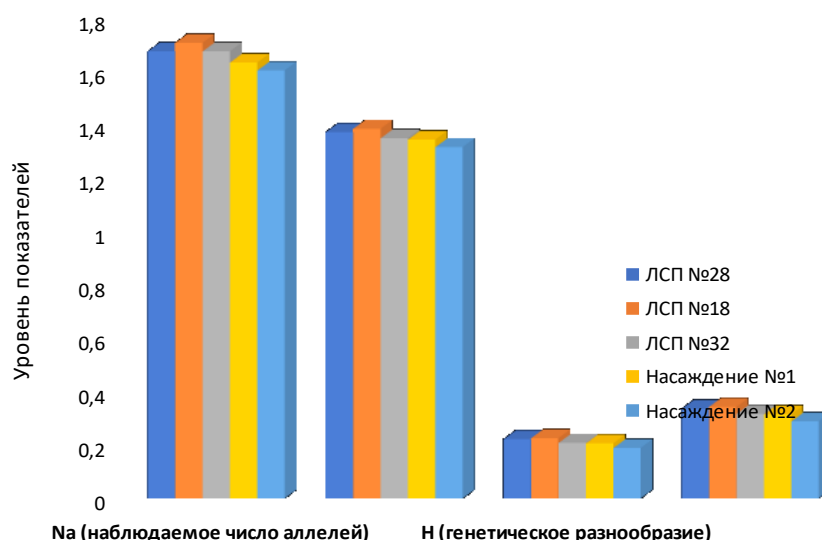


Рис. 2. Сравнительная характеристика генетической изменчивости сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях и в насаждениях

Таблица 7

Генетическая дистанция деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях и в насаждениях

Объекты	ЛСП № 28	ЛСП № 18, 24	ЛСП № 32	Насаждение № 1	Насаждение № 2
ЛСП № 28 семейственная	–	0,975	0,946	0,066	0,056
ЛСП № 18 и 24 клоновые	0,026	–	0,965	0,072	0,073
ЛСП № 32 клоновая	0,055	0,036	–	0,106	0,125
Искусственное насаждение № 1	0,936	0,930	0,899	–	0,974
Искусственное насаждение № 2	0,946	0,930	0,882	0,027	–

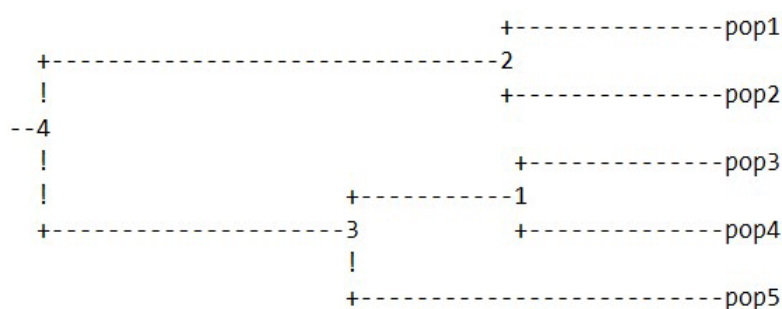


Рис. 3 Дендрограмма генетической дифференциации деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях и в искусственных насаждениях:

pop1 и pop2 – искусственные насаждения; pop 3 – ЛСП № 28; pop 4 – ЛСП № 18 и № 24; pop 5 – ЛСП № 32.

Дендрограмма показывает, что деревья сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях и в искусственных насаждениях сгруппированы в три кластера. В первый кластер вошли деревья на ЛСП № 28 и № 18 – № 24 (pop3–pop4), во второй кластер – искусственные насаждения (pop1–pop2). Третий кластер представлен клонами плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП № 32 (pop5). Коэффициенты генетической дистанции между кластерами объединенной группы деревьев сосны обыкновенной на ЛСП (№ 18, 24, 28) и клоновым потомством на ЛСП № 32 составили 0,036–0,055, искусственных насаждений – 0,930–0,936. Между кластерами потомства плюсовых деревьев на ЛСП №32 и древостоями в насаждениях данный показатель проявил себя несколько выше – 0,106–0,125.

Приведенные данные кластерного анализа свидетельствуют о генетической близости потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на исследуемых лесосеменных плантациях.

Наряду с этим, необходимо отметить близкую генетическую идентичность искусственных сосновых насаждений с незначительным варьированием между собой коэффициентов генетического разнообразия – 60,42–63,54 %.

В ходе исследования была проведена оценка уровня генетической дифференциации между сосновыми лесосеменными плантациями и искусственными насаждениями с определением коэффициента подразделенности исследуемых объектов (G_{st}), характеризующий уровень межпопуляционного разнообразия (табл. 8).

Значение доли межпопуляционного разнообразия отражает «баланс» процессов, вызывающих дифференциацию и интеграцию генофондов из разных популяций. Как правило, значения G_{st} выше у удаленных друг от друга популяций и у популяций видов с высокой частотой самоопыления [12].

Таблица 8
Доля межпопуляционного разнообразия и потока генов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях и в насаждениях

Объекты	Доля межпопуляционного разнообразия (G_{st})
Лесосеменные плантации	0,083
Искусственные насаждения	0,117
Лесосеменные плантации и искусственные насаждения	0,157

Расчетный показатель доли межпопуляционного разнообразия лесосеменных плантаций составил 0,083. Это свидетельствует о том, что на долю межпопуляционной изменчивости (между ЛСП) приходится 8,3 % от всей генетической изменчивости совокупности растений, а изменчивость клонов плюсовых деревьев на ЛСП составляет 91,7 %.

На долю межпопуляционного разнообразия в искусственных насаждениях приходится 0,117, что также свидетельствует об относительно невысоком генетическом различии естественных насаждений между собой. На межпопуляционную изменчивость прихо-

дится 11,7 %, изменчивость деревьев в насаждении составляет 88,3 %. Обобщенный расчетный показатель доли межпопуляционного разнообразия деревьев сосны обыкновенной на ЛСП и в искусственных насаждениях составил 0,157. Таким образом, на долю межпопуляционной изменчивости приходится 15,7 % от всей генетической изменчивости деревьев в объектах исследования. Уровень изменчивости деревьев составляет 84,3 %. Как показали результаты исследования, для сосны обыкновенной уровень генетической подразделенности в анализируемых объектах оказался незначительным, что, по нашему мнению, обуславливается биологическими особенностями вида и возможностью распространяться пыльцы на значительные расстояния.

Полученные данные о низкой генетической дифференциации смежных популяций сосны обыкновенной согласуются с результатами других исследований, в которых показана низкая внутривидовая дифференциация близко расположенных популяций этого вида [12; 26; 28; 35]. Более высокие показатели генетического разнообразия у популяций сосны обыкновенной наблюдаются на удаленных друг от друга расстояниях или в контрастных условиях, например, горные и пустынные популяции [36].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Плюсовые деревья сосны обыкновенной на клоновых лесосеменных плантациях в Башкирском Предуралье характеризуются более лучшими показателями роста по основным морфометрическим признакам стволов – диаметру, высоте и размерам кроны – диаметру и её протяженности по стволу, в сравнении с семенным потомством на семейственной ЛСП и с искусственными насаждениями данного вида. Зафиксированные статистически достоверные фенотипические различия между потомством плюсовых деревьев и деревьями в лесных культурах проявились в границах участков на выровненном экологическом фоне при одинаковых лесорастительных условиях и общих схемах проводимых агротехнических и лесоводственных уходов в насаждениях данных объектов. Искусственные одновозрастные насаждения сосны обыкновенной в аналогичных лесорастительных условиях характеризуются меньшими значениями анализируемых таксационных показателей древесных стволов, по сравнению с потомством плюсовых деревьев данного вида на лесосеменных клоновых и семейственных плантациях. Установлены отличительные особенности между деревьями в объектах исследования по уровню полиморфных локусов, наблюдаемым и эффективным числам аллелей, индексам Шеннона и фиксации Райта. Оценка генетической дифференциации сравниваемых групп деревьев сосны обыкновенной в различных объектах позволила прийти к важному выводу о том, что плюсовые деревья достаточно чётко дифференцированы друг от друга. Причём, генетически близкими являются плюсовые деревья на клоновых лесосеменных плантациях, по сравнению с семейственными. Менее генетически дифференцированными оказались искусственные насаждения сосны обыкновенной, произрастающие

в аналогичных лесорастительных условиях, как и потомство вида на ЛСП различного происхождения. По результатам кластерного анализа объекты исследования сгруппированы в три кластера с различными величинами коэффициентов генетической дистанции H_{st} и уровням межпопуляционного разнообразия (Gst). Как показали результаты генетического анализа, уровень межпопуляционного разнообразия между ЛСП с потомствами плюсовых деревьев сосны обыкновенной является менее значимым, по сравнению с внутривидовым. Аналогичная закономерность отмечена в искусственных насаждениях сосны обыкновенной, где превалирует показатель изменчивости деревьев в конкретном культурценозе. Проведение подобных научных исследований в регионе является начальным этапом важной и нужной в лесном селекционном семеноводстве работы по оценке эффективности лесосеменных плантаций, их соответствия требованиям действующих стандартов и дальнейшей паспортизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

- Белоконь Ю. С., Гордеева Н. В., Гордон Н. Ю., Белоконь М. М., Политов Д. В. Применение ДНК-маркеров для паспортизации ЛСП и сертификации семян хвойных пород // Лесохозяйственная информация. 2008. № 3-4. С. 35–38.
- Бондаренко А. С., Жигунов А. В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. СПб. : Политехнический университет, 2016. 125 с.
- Боронникова С. В., Нечаева Ю. С., Пришневская Я. В., Бобошина И. В. Генетическая изменчивость, структура и дифференциация популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на Северо-Востоке Русской равнины по данным молекулярно-генетического анализа // Генетика. 2015. Т. 51, № 12. С. 1401–1409.
- Буторина А. К., Машкина О. С., Камалова И. И. Использование молекулярных маркеров в генетике, селекции и семеноводстве лесных древесных растений // Лесные культуры, селекция древесных пород на юге Русской равнины : материалы Межрегион. конф., посвящ. 95-летию со дня рожд. доц. Еньковой Елизаветы Ивановны. Воронеж : ВГЛТА. 2007. С. 10–35.
- Ефимов Ю. П. Современные проблемы и перспективы улучшения лесов селекционно-генетическими методами // Лесохозяйственная информация. 2008. № 3-4. С. 30–32.
- Зацепина К. Г., Экарт А. К., Тараканов В. В. Генотипирование деревьев на клоновых плантациях хвойных лесобразующих видов в Западной Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30, № 1-2. С. 67–71.
- Ивановская С. И., Хомченко Е. Н., Новикова О. М. Молекулярно-генетический анализ *Pinus sylvestris* L. на лесосеменных плантациях // Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов ИЛНАН Беларуси. Вып. 67. Гомель : ИЛНАН Беларуси, 2007. С. 155–162.
- Ивановская С. И. Генетический потенциал сосновых насаждений Полесского лесосеменного района на основе молекулярно-генетического анализа // Труды БГТУ. Сер. 1: Лесное хозяйство. 2012. № 1(148). С. 168–171.
- Ивановская С. И. Оценка генофонда сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в плюсовых насаждениях Беларуси по данным изоферментного анализа. [Электронный ресурс]. Электрон. дан. // Труды БГТУ. № 1. Лесное хозяйство. 2014. № 1(165). С. 130–134.
- Кальченко Л. И., Тараканов В. В. Поэтапная паспортизация деревьев на клоновых плантациях сосны обыкновенной: использование метода фенетики // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII, № 1-2. С. 87–90.
- Камалов Р. М., Петюренко М. Ю., Дегтярева А. П. Изменчивость показателей молекулярных маркеров у клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. 2022. № 3. С. 4–13.
- Криворотова Т. Н., Шейкина О. В. Генетическая структура лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 1(21). С. 77–86.
- Ларионова А. Я. Генетическая изменчивость сосны обыкновенной в юго-восточной части ареала // Генетика. 2002. Т. 38, № 12. С. 1641–1647.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1980. 293 с.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений на Урале (на примере сем. Pinaceae). М. : Наука, 1972. 284 с.
- Милютин Т. Н., Шейкина О. В., Новиков П. С. Молекулярно-генетические исследования изменчивости клонов плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* по ISSR-маркерам // Хвойные бореальной зоны. 2013. № 1-2. Т. XXXI. С. 102–105.
- Новиков П. С., Шейкина О. В. ISSR-анализ деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) различных селекционных категорий // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 82 (08). С. 100–112.
- Новиков П. С., Шейкина О. В., Милютин Т. Н. Изменчивость плюсовых деревьев сосны обыкновенной на архиве клонов по ISSR-маркерам // Вестник Марийского гос. техн. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 3. С. 82–87.
- Политов Д. В. Применение молекулярных маркеров в лесном хозяйстве для идентификации, инвентаризации и оценки генетического разнообразия лесных ресурсов // Лесохозяйственная информация. 2008. № 3-4. С. 24–27.
- Федорков А. Л. Геномный отбор в лесной селекции // Сибирский лесной журнал. 2020. № 6. С. 86–90.
- Царев А. П., Лаур Н. В. Генотипическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по росту их вегетативного потомства // Наука о лесе: история, современное состояние и перспективы развития (посвящена 75-летию института леса НАН Беларуси), 2005. Гомель: Беларусь. С. 252–254.
- Цибульский В. Р., Арефьев С. П., Новиков В. П., Соловьев И. Г., Говорков Д. А. Определение индекса биоразнообразия Шеннона растительных сообществ, образованных деревьями-эдикаторами на примере лесов севера Западной Сибири // Вестник НВГУ. 2021. № 24(54). С. 32–38.

23. Шейкина О. В., Гладков Ю. Ф. Обоснование показателей генетического разнообразия для лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в Республике Марий Эл // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4(60). С. 73–76.

24. Шейкина О. В., Романов Е. М. SSR-анализ плюсовых деревьев сосны обыкновенной из Республики Марий Эл // Лесохозяйственная информация 2023. № 2. С. 91–101.

25. Шигапов З. Х., Бахтиярова Р. М., Янбаев Ю. А. Генетическая изменчивость и дифференциация природных популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Генетика. 1995. Т. 31. № 10. С. 1386–1393.

26. Шигапов З. Х. Сравнительный генетический анализ лесосеменных плантаций и природных популяций сосны обыкновенной // Лесоведение. 1995. № 3. С. 19–24.

27. Шигапов З. Х., Тимерьянов А. Ш., Янбаев Ю. А., Шигапова А. И. Динамика генетической структуры потомства по годам на лесосеменной плантации и в природной популяции сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Генетика. 1996. Т. 32, № 10. С. 1363–1370.

28. Шигапова А. И., Шигапов З. Х. Генетическое разнообразие популяций сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 445–447.

29. Шишкина О. К., Завистева М. А., Рабцун А. С. Некоторые результаты практического применения анализа ДНК для генетической идентификации клонов на ЛСП сосны обыкновенной // Лесной вестник. 2012. № 7. С. 92–94.

30. Щерба Ю. А., Ибе А. А., Сухих Т. В., Шеллер М. А., Копченко Д. Е. Результаты анализа ДНК для генетической идентификации рамет на гибридно-семенной плантации сосны кедровой сибирской // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. XI, № 5. С. 424–429.

31. Androsiuk P., Zielinski R., Polok K. B-SAP markers derived from the bacterial KatG gene differentiate populations of *Pinus sylvestris* and provide new insights into their postglacial history. *Silva Fennica*, 2011, Vol. 45, No. 1, pp. 3–18. DOI: 10.14214/sf.29.

32. Doyle J. J., Doyle J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // *Phytochem. Bull.* 1987. 19, pp. 11–15.

33. Gömöry D., Bruchánik R., Longauer R. Fertility variation and flowering asynchrony in *Pinus sylvestris*: consequences for the genetic structure in seed orchards. *Forest Ecology and Management*, 2003, 174, pp. 117–126. DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00031-2.

34. Kimura M. The number of alleles that can be maintained in a finite population // *Genetics (US)*. 1964. Vol. 49, pp. 725–738. DOI: 10.1093/genetics/49.4.725.

35. Li Bin., Gu Wanchun. Review on genetic diversity in *Pinus* (J) // *Hereditas*. 2003. Vol. 25(6), pp. 740–748.

36. Li Hui-yu, Jing, Liu Gui-feng et al Genetic variation and division of *Pinus sylvestris* provenances by ISSR markers // *Journal of Forest Research*. 2005. Vol. 16(3), pp. 216–218. DOI: 10.1007/BF02856818.

37. Nei M. Genetic distance between populations // *The American Naturalist*. 1972. Vol. 106, pp. 283–292. DOI: 10.1086/282771.

38. Nei M. Molecular population genetics and evolution / North Holland Publishing Company, Amsterdam

Oxford; American Elsevier Publishing Company, Inc, New York, 1975. 234 p. DOI: 10.1016/0014-5793(77)80772-2.

39. Shannon C. E., Weaver W. The mathematical theory of communication Urbana // Univ. of Illinois Press. 1949. 284 p.

40. Huili W., Shuxue Y., Li G., Hailong L., Wei L. Genetic diversity assessment and fingerprint construction of superior tree populations of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. *J. OF GANSU Agric. Univ.*, 2022, 57(3), 057. DOI: 10.13432/j.cnki.jgsau.2022.03.013.

REFERENCES

1. Belokon Yu. S., Gordeeva N. V., Gordon N. Yu., Belokon M. M., Politov D. V. Primenenie DNK-markerov dlya pasportizacii LSP i sertifikacii semyan hvojnyh porod // *Lesohozyajstvennaya informaciya*. 2008. № 3-4. S. 35–38.

2. Bondarenko A. S., Zhigunov A. V. Statisticheskaya obrabotka materialov lesovodstvennyh issledovanij. SPb. : Politekhnikeskij universitet, 2016. 125 s.

3. Boronnikova S. V., Nechaeva Yu. S., Prishnivskaya Ya. V., Boboshina I. V. Geneticheskaya izmenchivost, struktura i differenciaciya populyacij sosny obyknovennoj (*Rinus sylvestris* L.) na Severo-Vostoke Russkoj ravniny po dannym molekulyarno-geneticheskogo analiza // *Genetika*. 2015. Т. 51, № 12. S. 1401–1409.

4. Butorina A. K., Mashkina O. S., Kamalova I. I. Ispolzovanie molekulyarnyh markerov v genetike, selekcii i semenovodstve lesnyh drevesnyh rastenij // *Lesnye kul'tury, selekciya drevesnyh porod na yuge Russkoj ravniny : materialy mezhregion. konf., posvyashchennaya 95-letiyu so dnya rozhd. doc. En'kovoj Elizavety Ivanovny. Voronezh : VGLTA*. 2007. S. 10–35.

5. Efimov Yu. P. Sovremennye problemy i perspektivy uluchsheniya lesov selekcionno-geneticheskimi metodami // *Lesohozyajstvennaya informaciya*. 2008. № 3-4. S. 30–32.

6. Zacepina K. G., Ekart A. K., Tarakanov V. V. Genotipirovanie derevev na klonovyh plantacijah hvojnyh lesoobrazuyushchih vidov v Zapadnoj Sibiri // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2012. Т. 30, № 1-2. S. 67–71.

7. Ivanovskaya S. I., Homchenko E. N., Novikova O. M. Molekulyarno-geneticheskij analiz *Pinus sylvestris* L. na lesosemennyyh plantacijah // *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnyh trudov ILNAN Belarusi*. Vyp. 67. Gomel' : ILNAN Belarusi, 2007. S. 155–162.

8. Ivanovskaya S. I. Geneticheskij potencial sosnovyh nasazhdenij Poleskogo lesosemennogo rajona na osnove molekulyarno-geneticheskogo analiza // *Trudy BGTU. Ser. 1: Lesnoe hozyajstvo*. 2012. № 1(148). S. 168–171.

9. Ivanovskaya S. I. Ocenka genofonda sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v plyusovyh nasazhdeniyah Belarusi po dannym izofermentnogo analiza. [Elektronnyj resurs] / *Elektron. dan.* // *Trudy BGTU. № 1. Lesnoe hozyajstvo*. 2014. № 1(165). S. 130–134.

10. Kalchenko L. I., Tarakanov V. V. Poetapnaya pasportizaciya derevev na klonovyh plantacijah sosny obyknovennoj: ispol'zovanie metoda fenetiki // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2010. Т. XXVII, № 1-2. S. 87–90.

11. Kamalov R. M., Petyurenko M. Yu., Degtyareva A. P. Izmenchivost pokazatelej molekulyarnyh markerov

u klonov plusovoyh derevov sosny obyknovnoy Pinus sylvestris L. // Trudy Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozyajstva. 2022. № 3. S. 4–13.

12. Krivorotova T. N., Shejkina O. V. Geneticheskaya struktura lesosennyyh plantacij i nasazhdenij sosny obyknovnoy v Srednem Povolzhe // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2014. № 1(21). S. 77–86.

13. Larionova A. Ya. Geneticheskaya izmenchivost sosny obyknovnoy v yugo-vostochnoj chasti areala // Genetika. 2002. T. 38, № 12. S. 1641–1647.

14. Lakin G. F. Biometriya. 3-e izd., pererabotannoe i dop. M.: Vysshaya shkola, 1980. 293 s.

15. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevnyh rastenij na Urale (na primere sem. Pinaceae). M.: Nauka, 1972. 284 s.

16. Milyutina T. N., Shejkina O. V., Novikov P. S. Molekulyarno-geneticheskie issledovaniya izmenchivosti klonov plusovoyh derevov Pinus sylvestris po ISSR-markeram // Hvojnye borealnoj zony. 2013. № 1-2. T. XXXI. S. 102–105.

17. Novikov P. S., Shejkina O. V. ISSR-analiz derevov sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris) razlichnyh selekcionnyh kategorij // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2012. № 82 (08). S. 100–112.

18. Novikov P. S., Shejkina O. V., Milyutina T. N. Izmenchivost plusovoyh derevov sosny obyknovnoy na arhive klonov po ISSR-markeram // Vestnik Marijskogo gos. tekhnich. un-ta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2011. № 3. S. 82–87.

19. Politov D. V. Primenenie molekulyarnykh markerov v lesnom hozyajstve dlya identifikacii, inventarizacii i ocenki geneticheskogo raznoobraziya lesnyh resursov // Lesohozyajstvennaya informaciya. 2008. № 3-4. S. 24–27.

20. Fedorkov A. L. Genomnyj otbor v lesnoj selekcii // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2020. № 6. S. 86–90.

21. Carev A. P., Laur N. V. Genotipicheskaya ocenka plusovoyh derevov sosny obyknovnoy po rostu ih vegetativnogo potomstva // Nauka o lese: istoriya, sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya (posvyashchena 75-letiyu instituta lesa HAH Belarusi), 2005. Gomel': Belarus'. S. 252254.

22. Cibulskij V. R., Arefev S. P., Novikov V. P., Solovov I. G., Govorkov D. A. Opredelenie indeksa bioraznoobraziya Shennona rastitelnyh soobshchestv, obrazovannyh derevyami-edifikatorami na primere lesov severa Zapadnoj Sibiri // Vestnik NVGU. 2021. № 24(54). S. 32–38.

23. Shejkina O. V., Gladkov Yu. F. Obosnovanie pokazatelej geneticheskogo raznoobraziya dlya lesosennyyh plantacij sosny obyknovnoy v Respublike Marij El // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4(60). S. 73–76.

24. Shejkina O. V., Romanov E. M. SSR-analiz plusovoyh derevov sosny obyknovnoy iz Respubliki Marij El // Lesohozyajstvennaya informaciya 2023. № 2. S. 91–101.

25. Shigapov Z. H., Bahtiyarova R. M., Yanbaev Yu. A. Geneticheskaya izmenchivost i differenciatsiya prirodnih populyacij sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) // Genetika. 1995. T. 31, № 10. S. 1386–1393.

26. Shigapov Z. H. Sravnitelnyj geneticheskij analiz lesosennyyh plantacij i prirodnih populyacij sosny obyknovnoy // Lesovedenie. 1995. № 3. S. 19–24.

27. Shigapov Z. H., Timeryanov A. Sh., Yanbaev Yu. A., Shigapova A. I. Dinamika geneticheskoy struktury potomstva po godam na lesosennoy plantacii i v prirodnoj populyacii sosny obyknovnoy Pinus sylvestris L. // Genetika. 1996. T. 32, № 10. S. 1363–1370.

28. Shigapova A. I., Shigapov Z. H. Geneticheskoe raznoobraziye populyacij sosny obyknovnoy Pinus sylvestris L. // Vestnik OGU. 2009. № 6. S. 445–447.

29. Shishkina O.K., Zavisteva M.A., Rabcun A.S. Nekotorye rezultaty prakticheskogo primeneniya analiza DNK dlya geneticheskoy identifikacii klonov na LSP sosny obyknovnoy // Lesnoj vestnik. 2012. № 7. S. 92–94.

30. Shcherba Yu. A., Ibe A. A., Suhil T. V., Sheller M. A., Kopchenko D. E. Rezultaty analiza DNK dlya geneticheskoy identifikacii ramet na gibridno-semennoj plantacii sosny kedrovoy sibirskoj // Hvojnye boreal'noj zony. 2022. T. XI, № 5. S. 424–429.

31. Androsiuk P., Zielinski R., Polok K. B-SAP markers derived from the bacterial KatG gene differentiate populations of Pinus sylvestris and provide new insights into their postglacial history. *Silva Fennica*, 2011, vol. 45, no. 1, pp. 3–18. DOI: 10.14214/sf.29.

32. Doyle J. J., Doyle J.L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // Phytochem. Bull. 1987. 19. pp. 11–15.

33. Gömöry D., Bruchánik R., Longauer R. Fertility variation and flowering asynchrony in Pinus sylvestris: consequences for the genetic structure in seed orchards. *Forest Ecology and Management*, 2003, 174, pp. 117–126. DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00031-2.

34. Kimura M. The number of alleles that can be maintained in a finite population // Genetics (US). 1964. Vol. 49. P. 725–738. DOI: 10.1093/genetics/49.4.725.

35. Li Bin., Gu Wanchun. Review on genetic diversity in Pinus (J) // Hereditas. 2003. Vol. 25(6). P. 740–748.

36. Li Hui-yu, Jing, Liu Gui-frng end et al Genetic variation and division of Pinus sylvestris provenances by ISSR markers. // Journal of Forest Research. 2005. Vol. 16(3). P. 216–218. DOI: 10.1007/BF02856818.

37. Nei M. Genetic distance between populations // The American Naturalist. 1972. Vol. 106. P. 283–292. DOI: 10.1086/282771.

38. Nei M. Molecular population genetics and evolution / North Holland Publishing Company, Amsterdam Oxford; American Elsevier Publishing Company, Inc, New York, 1975. 234 p. DOI: 10.1016/0014-5793(77)80772-2.

39. Shannon C. E., Weaver W. The mathematical theory of communication Urbana // Univ. of Illinois Press. 1949. 284 p.

40. Huili W., Shuxue Y., Li G., Hailong L., Wei L. Genetic diversity assessment and fingerprint construction of superior tree populations of Pinus sylvestris var. mongolica. J. OF GANSU Agric. Univ., 2022, 57(3), 057. DOI: 10.13432/j.cnki.jgsau.2022.03.013.

© Коновалов В. Ф., Рафикова Д. А., 2024

Поступила в редакцию 10.07.2024

Принята к печати 23.12.2024

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ТОПОЛЯ

О. М. Ступакова, Т. Ю. Аксянова

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: stupakovaom@sibsau.ru, aksyanova.t@gmail.com

Аннотация: В работе приведены аргументы о возрастающей роли и значении научного подхода в современном озеленении, значимости расширения ассортимента быстрорастущих пород в усложняющихся градостроительных условиях.

Проведена селекционная оценка коллекции сортовых тополей Дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Популетум дендрария представлен в большей степени евро-американскими гибридами черного тополя с подразделением на мужские и женские сорта. Именно евро-американские гибриды являются перспективными для защитных, промышленных, лесных и озеленительных целей согласно имеющимся исследованиям. Мужские сорта лидируют по трем биометрическим показателям из пяти (высота, высота начала кроны, длина кроны), по показателям диаметра проекции кроны и диаметра ствола практически не уступают женским сортам. Проведен массовый отбор сортов по скорости роста. Выявлено, что большей высотой характеризуются деревья сорта Серотина, наибольший диаметр ствола отмечен у тополей сорта Регенерата. Большой диаметр проекции кроны отмечен у тополя сорта Регенерата, по параметрам высоты начала кроны и длины кроны превалирует сорт Серотина. Проведен индивидуальный отбор экземпляров тополей по биометрическим показателям.

Большинство экземпляров популетума являются деревьями I и II класса высоты, единично встречается III класс высоты; преобладающая форма кроны – «узкая», большинство экземпляров характеризуются классом протяженности кроны «длинная». Выявлены четыре категории жизнеспособности. Большинство экземпляров сортов тополя характеризуются категорией «2» (ослабленное), единственным сортом с наблюдаемой категорией жизнеспособности «1» (здоровые) является Робуста.

Наиболее продолжительный вегетационный период зафиксирован у тополей Робуста и Монилифера (181 и 189 дней соответственно). Установлены сорта, характеризующиеся ранним и поздним началом и окончанием вегетации.

Ключевые слова: озеленение, популетум, сорта тополя, биометрические показатели, селекционная оценка, индивидуальный отбор, изменчивость.

SELECTION ASSESSMENT OF POPLAR VARIETIES

O. M. Stupakova, T. Yu. Aksyanova

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: stupakovaom@sibsau.ru, aksyanova.t@gmail.com

Abstract: The paper presents arguments about the increasing role and importance of the scientific approach in modern landscaping, the importance of expanding the range of fast-growing breeds in complex urban planning conditions.

A selection assessment in the collection of varietal poplar trees in the Arboretum of the Siberian State University named after M. F. Reshetnev was carried out. The arboretum populetum is represented to a greater extent by Euro-American black poplar hybrids, subdivided into male and female varieties. These are Euro-American hybrids that are promising for protective, industrial, forestry and landscaping purposes according to available research. Male varieties lead in three biometric indicators out of five (height, crown height, crown length), in terms of the projection diameter of the crown and trunk diameter they are practically not inferior to female varieties. A mass selection of varieties by growth rate was carried out. It was revealed that trees of Serotina variety are characterized by a higher height, the largest trunk diameter was noted in poplars of Regenerata variety. The larger diameter of the crown projection was noted in the poplar of the Regenerata variety; in terms of the height of the beginning of the crown and the length of the crown, the Serotina variety prevails. Individual selection of poplar specimens based on biometric indicators was carried out.

Most specimens of populetum are trees of I and II class height, class III height is singular; the predominant form of the crown is "narrow", most specimens are characterized by a crown extent class of "long". Four categories of viability were identified. Most specimens of poplar varieties are characterized by category "2" (weakened), the only variety with observed category of viability "1" (healthy) is Robusta.

The longest growing season was recorded in the poplars of Robusta and Monilifera varieties (181 and 189 days, respectively). Varieties characterized by early and late beginning and end of vegetation have been established.

Keywords: landscaping, populetum, poplar varieties, biometric indicators, selection assessment, individual selection, variability.

ВВЕДЕНИЕ

Особенности расположения г. Красноярск, масштабная застройка без учета комплекса природных условий способствуют возникновению смоговых явлений в условиях штилей и туманов, что снижает способность атмосферы рассеивать загрязнители [1]. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Красноярске характеризуется как «высокий» [2–4]. Качество атмосферного воздуха оказывает влияние на здоровье населения, что подтверждает актуальность и необходимость проведения работ, направленных на улучшение качества городской среды средствами системы озеленения и введение в озеленение быстрорастущих пород деревьев. Работы отечественных ученых [5–7] подтверждают перспективность сортовых тополей, в частности, евро-американских гибридов для защитных, промышленных, лесных и озеленительных целей [8; 9]. При этом региональные данные об адаптации и биометрии сортовых тополей, их перспективности для озеленения городов отсутствуют.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа исследований включала в себя проведение селекционной оценки популетума Дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева с выявлением перспективных для озеленения сортов тополя. Объектом исследований явилась коллекция сортов тополя (популетум) И. Ю. Коропачинского и О. П. Олисовой на территории Дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева.

Селекционная оценка популетума производилась по комплексу биометрических показателей: высота, высота начала кроны, протяженность кроны, диаметр ствола, диаметр проекции кроны. Определялся уровень изменчивости, рассчитывались стандартные статистические показатели. Жизнеспособность растений определялась на основании действующих Правил санитарной безопасности в лесах РФ [10]. Определяли класс высоты и форму кроны [11], класс протяженности кроны [12], объем кроны [13]. Фенологические наблюдения вели по общепринятой методике [14]. Оценивали уровень изменчивости [15; 16].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Дендрарий СибГУ им. М. Ф. Решетнева был создан в 1948 году на территории площадью 2 га (Карaulьное лесничество Емельяновского района) под руководством профессора В. Э. Шмидта в 320 м от реки Енисей на возвышенном плато. Популетум Дендрария был заложен профессором И. Ю. Коропачинским и доцентом О. П. Олисовой в 1961–1963 гг., материалом послужили черенки из Центрального сибирского ботанического сада.

Популетум Дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева представлен семью сортами: Регенерата, Мариландика, Серотина, Робуста, Гельрика (евро-американские гибриды черного тополя), Подмосковный (селекции А. С. Яблокова), Монилифера (относится к дельтовидному виду).

На момент исследований деревья тополей находились в VII классе возраста (64 года). Средняя высота деревьев составила $19,0 \pm 1,95$ м. Средний диаметр ствола – $26,6 \pm 2,22$ см. Крона деревьев составила $4,2 \pm 0,28$ м по диаметру проекции и $12,3 \pm 1,07$ м по протяженности. Средняя высота начала кроны составила $6,7 \pm 1,36$ м (табл. 1).

В коллекции представлено три мужских сорта и четыре женских (табл. 2). Мужские сорта лидируют по трем показателям из пяти (высота, высота начала кроны, длина кроны). По показателям диаметра проекции кроны и диаметра ствола практически не уступают женским сортам.

Изучение внутривидовой изменчивости тополей по биометрическим показателям позволило выделить наиболее быстрорастущие сорта (табл. 3).

Выявлено, что большей высотой характеризуются деревья сорта Серотина, наибольший диаметр ствола отмечен у тополей сорта Регенерата. Тополя сорта Гельрика и Монилифера достигли высоты 20,4 и 17,3 м, диаметра ствола – 30,3 и 30,6 см соответственно. Данные сорта не включены в общую статистику из-за небольшого представительства в коллекции вследствие малой сохранности.

Таблица 1
Средние биометрические показатели сортов тополя

Параметр	X_{cp}	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %	Уровень изменчивости
Высота, м	19,0	4,36	1,95	23,0	9,1	средний
Длина кроны, м	12,3	2,40	1,07	19,5	8,7	средний
Диаметр проекции кроны, м	4,2	0,63	0,28	15,1	6,7	средний
Диаметр ствола, см	26,6	4,97	2,22	18,7	8,3	средний

Таблица 2
Средние биометрические показатели мужских и женских сортов тополя

Параметр	Женские сорта				Мужские сорта		
	Регенерата	Мариландика	Подмосковный	Монилифера	Серотина	Робуста	Гельрика
Высота, м	20,1	20,2	16,5	17,3	24,9	13,3	20,4
Высота начала кроны, м	8,7	6,0	7,2	3,4	9,6	1,8	7,2
Длина кроны, м	11,4	14,2	9,3	13,9	15,3	11,5	13,2
Диаметр проекции кроны, м	5,0	3,9	3,6	5,35	4,7	3,7	4,05
Диаметр ствола, см	31,7	27,1	23,9	30,6	30,8	19,7	30,3

Таблица 3
Показатели высоты и диаметра ствола сортов тополя

Параметр	Сорт	X_{cp}	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %	Уровень изменчивости	t_{ϕ} при $t_{0,5} = 1,99$
Высота, м	Серотина	24,9	4,46	1,29	18,0	5,2	средний	–
	Регенерата	20,1	6,39	1,77	31,8	8,8	повышенный	2,2
	Мариландика	20,2	4,45	0,89	22,0	4,4	средний	3,0
	Подмосковный	16,5	6,22	1,61	37,6	9,7	высокий	4,1
	Робуста	13,3	2,71	1,21	20,4	9,1	средний	6,6
Диаметр ствола, см	Серотина	30,8	5,56	1,60	18,0	5,2	средний	0,3
	Регенерата	31,7	11,42	3,17	36,1	10,0	высокий	–
	Мариландика	27,1	11,78	2,36	43,4	8,7	повышенный	1,2
	Подмосковный	23,9	9,17	2,37	38,4	9,9	высокий	2,0
	Робуста	19,7	3,48	1,56	17,7	7,9	средний	3,4

Таблица 4
Показатели кроны сортов тополя

Параметр	Сорт	X_{cp}	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %	Уровень изменчивости	t_{ϕ} при $t_{0,5} = 1,99$
Высота начала кроны, м	Серотина	9,6	3,30	0,95	34,4	9,9	повышенный	–
	Регенерата	8,7	3,01	0,84	34,5	9,6	повышенный	0,7
	Мариландика	6,0	2,47	0,49	41,2	8,2	высокий	3,4
	Подмосковный	7,2	2,76	0,71	38,3	9,9	высокий	2,0
	Робуста	1,8	0,30	0,14	17,0	7,6	средний	8,1
Длина кроны, м	Серотина	15,3	4,20	1,21	27,5	7,9	повышенный	–
	Регенерата	11,4	4,11	1,14	36,2	10,0	высокий	2,3
	Мариландика	14,2	4,31	0,86	30,3	6,1	повышенный	0,7
	Подмосковный	9,3	3,61	0,93	38,7	10,0	высокий	3,9
	Робуста	11,5	2,53	1,13	21,9	9,8	средний	2,3
Диаметр проекции кроны, м	Серотина	4,7	1,22	0,35	25,7	7,4	повышенный	0,4
	Регенерата	5,0	1,78	0,49	35,8	9,9	высокий	–
	Мариландика	3,9	1,08	0,22	27,8	5,6	повышенный	1,5
	Подмосковный	3,6	1,27	0,33	34,9	9,0	повышенный	1,8
	Робуста	3,7	0,37	0,16	9,9	4,4	низкий	1,8

Большой диаметр проекции кроны отмечен у тополя сорта Регенерата ($5,0 \pm 0,49$ м). По параметрам высоты начала кроны и длины кроны превалирует сорт Серотина – $9,6 \pm 0,95$ м и $15,3 \pm 1,21$ м соответственно. Достоверно меньшие высоты начала кроны наблюдаются у сортов Мариландика, Подмосковный и Робуста. Достоверно меньшие длины крон наблюдаются у сортов Регенерата, Подмосковный и Робуста (см. табл. 4).

Лидирующим сортом по объему кроны является Монилифера. Меньшим объемом кроны характеризуется сорт Робуста, что объясняется меньшим расстоянием между экземплярами и биологически обусловленной пирамидальной формой кроны (рис. 1).

Проведен индивидуальный отбор экземпляров тополя по биометрическим показателям. Особо отмечены экземпляры, которые являются лидирующими по нескольким биометрическим показателям: тополь

Серотина 12-10 (длина кроны и диаметр ствола) и 14-1 (диаметр проекции и объем кроны), тополь Регенерата 16-1 (длина кроны, диаметр проекции кроны, диаметр ствола и объем кроны), тополь Мариландика 3-1 (высота, длина кроны) и 9-6 (диаметр проекции и объем кроны), тополь Подмосковный 11-13 (диаметр проекции кроны, диаметр ствола и объем кроны), тополь Робуста 11-1 (высота, длина кроны, диаметр проекции кроны, диаметр ствола и объем кроны).

В результате исследования коллекции сортовых тополей Дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева установлено, что для биометрических показателей характерны вариации четырех уровней изменчивости (от низкого до высокого), что имеет большое значение, поскольку высокая индивидуальная изменчивость предполагает наличие значительных генотипических различий между особями, обеспечивая возможность проявления адаптации.

В озеленительной практике имеют значение не только биометрические показатели, но и характеристики, связанные с габитусом растения (класс высоты,

класс протяженности кроны, форма кроны). Большинство экземпляров популетума являются деревьями I и II класса высоты (57 и 36 % соответственно). Единично встречается III класс высоты (менее 10 м) у сортов Регенерата и Подмосковный (7 %). Преобладающая форма кроны – «узкая» (60 %); 68 % экземпляров характеризуются классом протяженности кроны «длинная». У представителей коллекции сформировались пирамидальные кроны, не смотря на то, что все представленные сорта за исключением Робусты, характеризуются раскидистыми кронами. Причиной можно обозначить высокую плотность посадки.

Выявлены четыре категории жизнеспособности (рис. 2).

Большинство экземпляров сортов тополя (62,5 %) характеризуются категорией «2» (ослабленное), у 29,2 % экземпляров отмечена третья категория жизнеспособности. Категория жизнеспособности «4» (усыхающие) отмечена только у сорта Подмосковный (13,3 %). Единственным сортом с наблюдаемой категорией жизнеспособности «1» (здоровые) является Робуста (80 %).

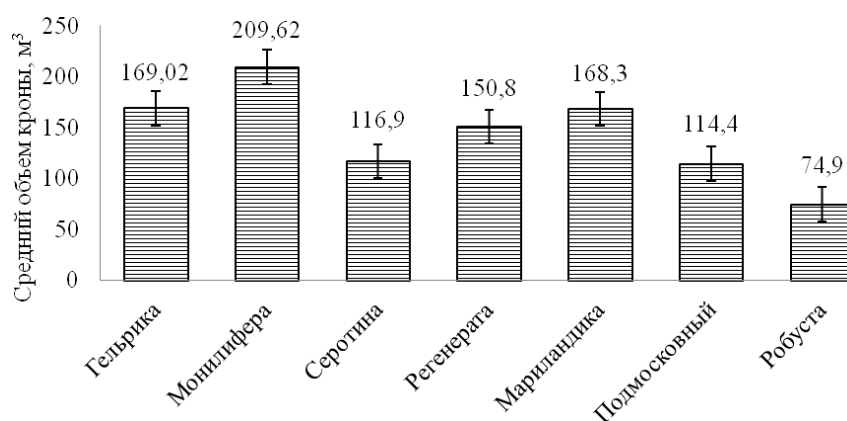


Рис. 1. Объемы крон сортов тополя



Рис. 2. Распределение сортов тополя по категориям жизнеспособности

Фенологические наблюдения велись за вегетативными и генеративными органами тополей. Наиболее продолжительный вегетационный период зафиксирован у тополей Робуста и Монилифера (181 и 189 дней соответственно). Установлены сорта, характеризующиеся ранним (Мариландика, Гельрика, Монилифера – в среднем 14 апреля) и поздним (Регенерата – в среднем 16 апреля) началом и окончанием (Мариландика, Подмосковный – в среднем 21 сентября; Робуста и Монилифера – 13 и 20 октября) вегетации. Цветение наблюдалось в среднем во второй декаде мая, массовое опадение зрелых плодов с семенами, высыпание семян из плодов пришлось в среднем на первую декаду июля.

По всем фенологическим фазам вегетативных и генеративных органов сортов тополя отмечен очень низкий уровень изменчивости. Полученные данные уровней изменчивости по фенологии можно рассматривать в качестве показателя высокой адаптированности сортов тополя к условиям среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коллекция тополя Дендрария СибГУ им. М. Ф. Решетнева представлена четырьмя женскими (Регенерата, Мариландика, Подмосковный, Монилифера) и тремя мужскими сортами (Серотина, Робуста, Гельрика). Выделены быстрорастущие сорта (Серотина, Регенерата) и семь экземпляров разных сортов, которые являются лидирующими по нескольким биометрическим показателям. Перспективными для озеленения населенных мест являются сорта Гельрика, Серотина и Робуста.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Мокринец К. С. Оценка геоморфологических условий территории г. Красноярска и его окрестностей как среды жизни человека : дис. ... канд. географ. наук : специальность 25.00.25 «Геоморфология и эволюционная география» / Мокринец Кирилл Сергеевич ; Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2012. 144 с. Текст : непосредственный.
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году : Государственный доклад. Москва : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 256 с.
3. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 году : Государственный доклад. Красноярск, 2021.
4. Романова А. Б., Братилова Н. П., Корниенко И. А. Проблемы озеленения урбанизированной территории на примере исторического центра города Красноярска // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. XXXIX. № 6. С. 462–468.
5. Морозова Е. В., Иозус А. П. Особенности сортоиспытания перспективных для защитного орошаемого и богарного лесоразведения видов, гибридов и форм тополей в условиях сухой степи нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. 2016. № 11-2. С. 306–310.

6. Царев В. А. Эффективность сортовых тополей в степной зоне // Resources and Technology. 2003. № 4. С. 147–150.

7. Царев Р. П., Царев В. А., Милигула Е. Н. Интродукция евро-американских культиваров тополя в защитные лесные насаждения Центрального Черноземья // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : материалы научно-практической конференции. Воронеж : ВГЛУ, 2020. № 3(50). С. 79–83.

8. Тимченко Н. А. Тополя в озеленении городов Амурской области // Комплексное использование природных ресурсов. 2008. С. 31–36.

9. Дуркина Т. М., Демидова Н. А. Особенности роста и развития тополей в условиях интродукции на Европейском Севере России // Лесной журнал. 2013. № 5 (335). С. 78–87.

10. Об утверждении правил санитарной безопасности в лесах РФ [сайт] : Постановление Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 года № 2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения: 02.10.2024).

11. Колесников А. И. Декоративная дендрология. М. : Лесная промышленность, 1974. 703 с.

12. Атрощенко О. А. Лесная таксация. Минск : БГТУ, 2009. 466 с.

13. Анучин Н. П. Лесная таксация. М. : Лесн. пром-сть, 1977. 511 с.

14. Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями / МВ и ССО РСФСР, Ленингр. лесотехн. акад. им. С. М. Кирова. Ленинград : ЛТА, 1979. 96 с.

15. Мамаев С. А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск, 1975. С. 3–14.

16. Изменчивость показателей 17-летних модельных деревьев сосны кедровой сибирской / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Ю. Е. Щерба [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 2. С. 145–151.

REFERENCES

1. Mokrinc K. S. Ocenka geomorfologicheskikh uslovij territorii g. Krasnoyarska i ego okrestnostej kak sredy zhizni cheloveka : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskikh nauk : special'nost' 25.00.25 "Geomorfologiya i evolyuciopnaya geografiya" / Mokrinc Kirill Sergeevich ; Krasnoyarskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im. V. P. Astaf'eva. Krasnoyarsk, 2012. 144 s. Tekst : neposredstvennyj.
2. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossijskoj Federacii v 2020 godu : Gosudarstvennyj doklad. Moskva : Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka, 2021. 256 s.
3. O sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy v Krasnoyarskom krae v 2020 godu : Gosudarstvennyj doklad. Krasnoyarsk, 2021.
4. Romanova A. B., Bratilova N. P., Kornienko I. A. Problemy ozeleneniya urbanizirovannoj territorii na primere istoricheskogo centra goroda Krasnoyarska //

Hvojnye boreal'noj zony. 2021. T. XXXIX, № 6. S. 462–468.

5. Morozova E. V., Iozus A. P. Osobennosti sortoispytaniya perspektivnyh dlya zashchitnogo oroshaemogo i bogarnogo lesorazvedeniya vidov, gibridov i form topolej v usloviyah suhoj stepi nizhnego Povolzh'ya // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. № 11-2. S. 306–310.

6. Carev V. A. Effektivnost' sortovyh topolej v stepnoj zone // Resources and Technology. 2003. № 4. S. 147–150.

7. Carev R. P., Carev V. A., Miligula E. N. Introdukciya evro-amerikanskih kul'tivarov topolya v zashchitnye lesnye nasazhdeniya central'nogo chernozem'ya // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika : materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Voronezh : VGLTU, 2020. № 3(50). S. 79–83.

8. Timchenko N. A. Topolya v ozelenenii gorodov Amurskoj oblasti // Kompleksnoe ispol'zovanie prirodnih resursov. 2008. S. 31–36.

9. Durkina T. M., Demidova N. A. Osobennosti rosta i razvitiya topolej v usloviyah introdukcii na Evropejskom Severe Rossii // Lesnoj zhurnal. 2013. № 5 (335). S. 78–87.

10. Ob utverzhdenii pravil sanitarnoj bezopasnosti v lesah RF : [sajt] : Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 dekabrya 2020 goda No. 2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (data obrashcheniya: 02.10.2024).

11. Kolesnikov A. I. Dekorativnaya dendrologiya. M. : Lesnaya promyshlennost', 1974. 703 s.

12. Atroshchenko O. A. Lesnaya taksaciya. Minsk : BGTU, 2009. 466 c.

13. Anuchin N. P. Lesnaya taksaciya. M. : Lesn. prom-st', 1977. 511 s.

14. Bulygin N. E. Fenologicheskie nablyudeniya nad drevesnymi rasteniyami / MV i SSO RSFSR, Leningr. lesotekhn. akad. im. S. M. Kirova. Leningrad : LTA, 1979. 96 s.

15. Mamaev S. A. Osnovnye principy metodiki issledovaniya vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij // Individual'naya i ekologo-geograficheskaya izmenchivost' rastenij. Sverdlovsk, 1975. S. 3–14.

16. Izmenchivost' pokazatelej 17-letnih model'nyh derev'ev sosny kedrovoj sibirskoj / R. N. Matveeva, O. F. Butorova, Yu. E. Shcherba [i dr.] // Hvojnye boreal'noj zony. 2023. T. XLI, № 2. S. 145–151.

© Ступакова О. М., Аксянова Т. Ю., 2024

Поступила в редакцию 15.07.2024
Принята к печати 23.12.2024

ПЫЛЬЦЕСМЕСЬ – ПОКАЗАТЕЛЬ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ РОДИТЕЛЕЙ ПРИ ГИБРИДИЗАЦИИ КЕДРА СИБИРСКОГО

Е. В. Титов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова
Российская Федерация, 394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8

Аннотация: Считается, что основой гетерозиса является генетическая разнокачественность родителей по биологическим свойствам, структурным, морфологическим, функциональным признакам и происхождению. Впервые в селекции хвойных принцип разнокачественности был экспериментально подтвержден нами при изучении роста 35-летних субальпийских (1640 м над ур. моря) внутри – и межпоясных гибридов кедров сибирского из Северо-Восточного Алтая, испытываемых в зоне хвойно-широколиственных лесов Брянской области. Они были получены при опылении обычной, чистой пыльцой родителей. В комбинациях партнеров, резко различающихся по нескольким высоко генетически обусловленным свойствам, прежде всего, по типу сексуализации, определяющего весь ход развития организма, в быстрорастущих семьях выявлены особи с соматическим гетерозисом.

В настоящей статье приведены результаты исследований в южной части подзоны широколиственных лесов и лесостепи (Воронежская область) 38-летних горнотаежных (1100 м над ур. моря) роста гибридов кедров сибирского из Горноалтайского региона, полученных при опылении смесью пыльцы родителей, различающихся по типу сексуализации, урожайности, скорости роста, структурными признаками урожая, пыльцевой продуктивности. Установлен усиленный рост и большое количество быстрорастущих особей в семьях при опылении смесью пыльцы разнокачественных по многим биологическим свойствам родителей. При достоверно одинаковой площади размещения, они превосходят одновозрастные гибриды от скрещивания родителей одного, женского полового типа, по высоте на 1,6–1,8 м или на 14–19 %, по диаметру – на 32–34 %. Выделен генотип с соматическим гетерозисом: истинным – 17 %, гипотетическим – 26 %. Его морфологическими показателями, отражающими угнетающее воздействие энергично растущего центрального побега на боковые, являются повышенное количество в мутовках средних и тонких ветвей, отходящих от ствола под пологим углом (80–90°). В итоге установлено, что смесь пыльцы деревьев различного полового типа является показателем биохимической разнокачественности партнеров, как основы гетерозисной селекции.

Ключевые слова: кедр сибирский, разнокачественность, родители, сексуализация, гибриды, семьи, полусибисы, соматический гетерозис.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 50–58

POLLEN MIXTURE AS AN INDICATOR OF THE HETEROGENEITY OF PARENTS DURING HYBRIDIZATION OF PINUS SIBERICA

E. V. Titov

Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov
8, Timiryazeva str., 394087, Voronezh region, Voronezh, Russian Federation

Abstract: It is believed that the basis of heterosis is the genetic diversity of parents in terms of biological properties, structural, morphological, functional characteristics and origin. For the first time in coniferous breeding, the principle of heterogeneity was experimentally confirmed by us when studying the growth of 35-year old subalpine (1640 m above sea level) intra- and inter-belt hybrids of Siberian cedar from Northeastern Altai, tested in the zone of coniferous and broadleaf forests of the Bryansk region. They were obtained by pollination with ordinary, pure pollen from the parents. Individuals with somatic heterosis have been identified in fast-growing families in partner combinations that differ dramatically in several highly genetically determined properties, primarily in the type of sexualization that determines the entire course of body development.

This article presents the results of studies in the southern part of the broadleaf forests and forest-steppe subzone (Voronezh region) of 38-year-old mountain taiga (1100 m above sea level) growth hybrids of Siberian cedar from the Gornoaltai region obtained by pollination with a mixture of parental pollen, differing in the type of sexualization, yield, growth rate, structural characteristics of the crop, pollen productivity. Increased growth and a large number of fast-growing individuals in families have been established when pollinated with a mixture of pollen from parents of different biological qualities. With significantly the same placement area, they outperform the same-age hybrids from crossing

parents of the same female sex type by 1.6–1.8 m in height or by 14–19 %, in diameter – by 32–34 %. A genotype with somatic heterosis was identified: 17 % true, 26 % hypothetical. Its morphological indicators, reflecting the depressing effect of the vigorously growing central shoot on the lateral ones, are the increased number of medium and thin branches in the whorls extending from the trunk at a gentle angle (80–90°). As a result, it was found that a mixture of pollen from trees of different sexual types is an indicator of the biochemical diversity of partners, as the basis of heterotic breeding.

Keywords: Siberian cedar, heterogeneity, parents, sexualization, hybrids, families, half-siblings, somatic heterosis.

ВВЕДЕНИЕ

Генетическая, физиолого-биохимическая и цитоплазматическая разнокачественность партнеров по различным признакам, свойствам и происхождению является основой гетерозисной селекции при гибридизации [2; 7; 10; 18]. Гибридная сила в новом организме проявляется в результате компенсационного взаимодействия генетически разнокачественных, функционально различающихся по большинству генов родителей, взаимодополняемости биохимических факторов, возникновения усиленных, по сравнению с обычными, зигот с ядерным и цитоплазматическим обменом веществ, наиболее полного взаимодействия типов обмена веществ, ускорения биохимических процессов в результате генетической межгенной комплементации [1; 24; 26].

Одной из форм проявления разнокачественности является сексуализация. Она связана с физиологическими особенностями родителей, и максимальный гетерозисный эффект у гибридов проявляется, когда родительские пары отличаются друг от друга резко выраженными признаками половых свойств, по физиологической активности генеративных органов, интенсивности и направленности окислительно-восстановительных процессов, неодинаковыми у мужских и женских особей [7; 8; 23]. При скрещивании отцовских форм с высокой физиологической активностью пыльцы и окислительных ферментов, с женскими, с высокой физиологической активностью рылец и преобладанием восстановительных процессов, формируется более жизнеспособное потомство.

В половой дифференциации важная роль принадлежит гормонам [25]. Они, как правило, противоположно влияют на функционирование различных участков хромосом: одни блокируют, другие деблокируют генетическую информацию. Поэтому при объединении в процессе оплодотворения мужских и женских комплементарных биохимических систем резко возрастает активность генетического аппарата и усиливаются биосинтетические процессы.

Правомерность использования разнокачественности в селекции лесных пород связана с возможностью получения гетерозиса при скрещивании гетерозиготных растений, при перекрестном опылении которых более широкий диапазон их приспособительных способностей обеспечивает гибридам селективное преимущество [16; 24].

Впервые в селекции хвойных пород принцип разнокачественности партнеров по высоко генетически обусловленным свойствам и признакам был апробирован нами при гибридизации кедра сибирского в среднегорье (1100 м над ур. моря) и в высокогорье (1640 м на ур. моря) Северо-Восточного Алтая

в 1977–1985 годах. Показателями разнокачественности родителей являлись: тип сексуализации, устанавливаемый по соотношению мужских и женских генеративных органов, количество и энергия семеношения плодоносящих побегов, количество и размеры макро- и микростробилов, среднесеменной урожай семян, структурные признаки шишек, средний прирост в высоту. Опыляли обычной, чистой пыльцой отдельных генотипов. Доля влияния генетических факторов (H_2) на формирование макро- и микростробилов составляла, соответственно, 0,72–0,77 и 0,66–0,70, на количество плодоносящих побегов – 0,70–0,81, энергию их семеношения 0,62–0,71, длину и ширину шишек – 0,76–0,91, средний прирост в высоту – 0,68–0,72, урожай шишек – 0,70–0,74. Близкие значения высокой генетической обусловленности каждого признака на высотном профиле, т. е. в разных экологических условиях, свидетельствуют об определенной биологической закономерности их природы.

Испытательные культуры внутривидовых гибридов кедра сибирского созданы в районе гибридизации – черном поясе (400 м над ур. моря) Северо-Восточного Алтая и в двух европейских районах интродукции – в южной части подзоны хвойно-широколиственных лесов (Брянская область) и в южной части подзоны широколиственных лесов и лесостепи (Воронежская область). Изучение роста гибридов от одинаковых комбинаций скрещивания в различных природно-климатических условиях позволяет установить степень обусловленности энергии их роста комбинацией родителей при взаимодействии генотип-среда, выявить перспективные варианты скрещивания, быстрорастущие и с соматическим гетерозисом особи.

В результате изучения роста 35-летних высокогорных гибридов в Брянской области и 35-летних горнотаежных в Воронежской установлен усиленный рост кедров в семьях при скрещивании родителей, резко различающихся по нескольким высоко генетически обусловленным свойствам, прежде всего, по типу сексуализации, определяющего весь ход развития организма [14]. В быстрорастущих семьях высокогорных гибридов выявлены особи с соматическим гетерозисом [19; 21]. Таким образом, на большом фактическом материале, на раннем этапе онтогенеза, подтверждена правомерность использования при гибридизации кедра сибирского теория разнокачественности родителей по различным высоко генетически обусловленным признакам, свойствам и по происхождению для получения внутривидовых гибридов с гетерозисным эффектом.

Цель настоящего исследования – изучение эффективности пыльцесмесей, как показателя биохимической разнокачественности, при внутривидовой гибридизации.

дизации кедр сибирского в гетерозисной селекции на быстроту роста.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования служили 38-летние внутривидовые горнотаежные (1100 м над ур. моря) гибриды кедр сибирского, произрастающие в южной части подзоны широколиственных лесов и лесостепи на испытательной плантации в Государственном природном заказнике «Воронежская нагорная дубрава», на вырубке в дубраве снытьевой на площади 0,5 га. Они получены в комбинациях скрещивания родителей в различной степени различающихся по высоко генетически обусловленным признакам и свойствам: типу сексуализации, урожайности, скорости роста, структурным признакам шишек и семян, показателям пылевой продуктивности. Признаком разнокачественности вариантов скрещивания являлось опыление смесью пыльцы разных генотипов.

Первоначально растения размещались в рядах через 1,0 м, между рядами – через 1,5 м. За прошедшие годы в результате гибели или удаления части деревьев в рядах и междурядьях, площадь размещения у сохранившихся кедров оказалась неодинаковой. Известно, что она по-разному влияет на биометрические показатели ствола и кроны растений. С ее увеличением у деревьев сильнее увеличивается прирост по диаметру, который значительно зависит от условий окружающей среды, и слабее изменяется текущий прирост в высоту, обусловленный преимущественно внутренними генетическими факторами [3; 20; 28].

Для получения сопоставимых данных в эксперименте использовались в каждой семье по 10–12 особей с достоверно одинаковой занимаемой площадью (13,9–14,9 м²). Радиус для ее вычисления рассчитывался, как среднее расстояние по всей окружности от опытных до 7–8 ближайших деревьев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Пыльца растений – основа для зарождения нового организма, при восприимчивости ее женскими генеративными органами. Ее биохимический состав и жизнеспособность у деревьев кедр сибирского функционально обусловлены, что обеспечивает сохране-

ние вида. Основная биологическая функция деревьев женской сексуализации – образование большого количества семян. Поэтому мужская сфера у них развита значительно слабее, пыльцы немного меньше и она менее активна. Пыльца деревьев мужского и смешанного типа, обеспечивающих надежное опыление женских особей в изменяющихся условиях внешней среды, отличается повышенной продуктивностью, жизнеспособностью и энергией прорастания [17]. Это связывается с повышенным содержанием ростовых веществ стимулирующего действия в генеративных органах мужских побегов. Они контролируют рост пылевых трубок и оплодотворение [8; 30].

Подобно другим признакам и свойствам растений, существует значительная индивидуальная изменчивость деревьев кедр сибирского по продуктивности и жизнеспособности пыльцы [12; 22]. Установлена высокая индивидуальная биохимическая гетерогенность и полиморфизм пылевых зерен – регуляторов роста, аминокислот, углеводов, липидов и других веществ [4; 5; 8; 13]. Признавая разнокачественность родителей по различным признакам и свойствам обязательным условием для возникновения соматического гетерозиса, при внутривидовой гибридизации кедр сибирского в качестве такого признака использовали смесь пыльцы родителей различного полового типа – женского и смешанного. Свежесобранную пыльцу отдельных деревьев (чистую), двух одинаковых или разных по типу сексуализации генотипов (смешанную) проращивали в висях каплях растворов сахарозы 10, 15, 20%-ной концентрации во влажных стерильных чашках Петри при температуре 27–28 °С. В средах различной концентрации, по длине пылевых трубок за одинаковой время проращивания, установлена высокая жизнеспособность чистой пыльцы (68–76 %) и энергия ее прорастания у деревьев смешанного полового типа и ее смеси с пылью особи женской сексуализации. Низкой жизнедеятельностью (36–48 %), при ослабленном росте пылевых трубок, отличается как чистая, так и смесь пыльцы кедров женского полового типа, с одинаковыми и невысокими физиолого-биохимическими показателями (табл. 1). Различная жизнеспособность чистой пыльцы деревьев разной сексуализации отражает их функциональную половую специализацию.

Таблица 1

Жизнеспособность (%) чистой и смеси пыльцы горнотаежных деревьев кедр сибирского различного полового типа на растворах сахарозы

№ деревьев	Половой тип	Концентрация раствора, %			Среднее, %
		10	15	20	
Чистая пыльца					
H ₃₀	женский	41	39	40	40
H ₃₃	женский	42	41	46	43
H ₃₁	смешанный	70	76	82	76
H ₃₆	смешанный	73	69	67	70
Смесь пыльцы					
H ₃₀ +H ₃₃	женский	36	44	48	43
H ₃₀ +H ₃₁	женский + сме- шанный	46	53	76	57
H ₃₀ +H ₃₆	женский + сме- шанный	68	72	76	72

Гибридизацию проводили в кроне высокоурожайного 50-летнего дерева (H_{30}) на высоте 8–10 м, с использованием пергаментных изоляторов, равномерно размещенных в разных ее частях. В состав смеси входила в равных объемах пыльца материнского дерева женской сексуализации (H_{30}) и пыльца кедров женского ($H_{30}+H_{33}$) или смешанного полового типа ($H_{30}+H_{31}$, $H_{30}+H_{36}$).

Закономерности роста гибридов от различных вариантов скрещивания соответствуют показателям проращивания пыльцы в аналогичных комбинациях в опыте ($r = 0,91$). Повышенной энергией роста отличаются гибриды, полученные при опылении смесью пыльцы и чистой пыльцой разнокачественных по типу сексуализации родителей. Они достоверно превосходят своих одногодков-кедров от скрещивания родителей одинакового, женского полового типа, по высоте на 1,6–1,8 м или на 17–19 %, по диаметру на 3,1–4,3 см или на 32–34 %. При одинаковой площади размещения деревьев, с высокой точностью эксперимента ($t_{\phi} > 2,0$) проявляется во всех вариантах скрещивания специфика ее влияния на биометрические показатели ствола: тесная корреляция с диаметром ($r = 0,70-0,76$) и слабая с высотой ($r = 0,34-0,49$) (табл. 2).

В комбинациях, различающихся по признакам и свойствам партнеров, возрастает количество быстрорастущих гибридов. При опылении чистой пыльцой

(H_{31}) и смесью пыльцы разнокачественных родителей ($H_{30}+H_{31}$, $H_{30}+H_{36}$), доля гибридов, выше 10 м, составляет 88–90 %. При использовании смесей пыльцы, одинаковой с материнским деревом сексуализации ($H_{30}+H_{33}$), – 20 %. С высотой растения сопряжен рост по диаметру. Доля гибридов, толще 12 см, в соответствующих комбинациях составляла 58–73 % и 16 % (табл. 3, 4).

Установленная закономерность роста гибридов в зависимости от состава пыльцы позволяет считать смесь пыльцы деревьев различного полового типа одним из признаков биохимической разнокачественности родителей, способствующая появлению при гибридизации быстрорастущего потомства. Его зарождение может быть обусловлено избирательностью оплодотворения, т. е. выбором материнской особи лучшего опылителя среди многих [11], или возникновением стимулирующего эффекта, ускоряющего рост пылевых трубок при взаимодействии комплементарных биохимических систем разнокачественных компонентов [18]. У плодовых косточковых, при использовании смесей своей пыльцы с морфологически разнокачественным партнером, материнским организмом избиралась преимущественно чужая пыльца, хорошо физиологически с ней совместимая, а полученные гибриды отличались быстрым ростом [15].

Таблица 2

Биометрические показатели горнотажных 38-летних гибридов кедра сибирского в Воронежской области

Комбинация деревьев	Высота, м		Диаметр, см		Площадь размещения, м ²		Корреляция H_m-Sm^2		Корреляция $D_{cm}-Sm^2$	
	$M \pm m$	$C_v, \%$	$M \pm m$	$C_v, \%$	$M \pm m$	$C_v, \%$	r	t_{ϕ} при $t_{05} = 1,99$	r	t_{ϕ} при $t_{05} = 1,99$
Быстрорастущие от разнокачественных родителей										
$H_{30} \times (H_{30}+H_{31})$	11,1 $\pm$ 0,9	8,5	13,1 $\pm$ 3,1	19,1	13,9 $\pm$ 1,9	16,1	0,49	2,26	0,76	4,1
$H_{30} \times (H_{30}+H_{36})$	10,9 $\pm$ 0,5	6,4	14,1 $\pm$ 2,3	18,6	14,3 $\pm$ 1,8	14,6	0,49	2,30	0,71	4,4
$H_{30} \times H_{31}$	10,9 $\pm$ 0,5	6,5	12,9 $\pm$ 1,8	18,1	14,4 $\pm$ 1,8	13,7	0,38	2,17	0,70	3,3
Пониженной энергии роста от родителей с близкими признаками										
$H_{30} \times (H_{30}+H_{33})$	9,3 $\pm$ 0,7	7,6	9,8 $\pm$ 1,6	15,6	14,9 $\pm$ 1,7	13,2	0,39	2,10	0,72	3,4
Естественное опыление										
H_{30}	9,7 $\pm$ 0,7	7,7	9,8 $\pm$ 1,6	15,3	14,9 $\pm$ 1,6	13,4	0,34	2,22	0,70	3,3
H_{33}	9,5 $\pm$ 0,7	7,6	10,4 $\pm$ 1,6	15,0	14,7 $\pm$ 1,5	13,1	0,36	2,24	0,70	3,4
H_{31}	11,3 $\pm$ 0,7	7,4	14,1 $\pm$ 2,2	18,4	14,6 $\pm$ 1,7	13,5	0,48	2,26	0,70	4,3

Таблица 3

Распределение 38-летних горнотажных гибридов кедра сибирского в семьях по высоте

Комбинация деревьев	Высота, м	Количество растений, высотой (м), %			
		8,0–9,0	9,1–10,0	10,1–11,0	11,1–12,0
$H_{30} \times (H_{30}+H_{31})$	11,1 $\pm$ 0,9		11	55	34
$H_{30} \times (H_{30}+H_{36})$	10,9 $\pm$ 0,5		12	63	25
$H_{30} \times H_{31}$	10,9 $\pm$ 0,5		10	61	29
$H_{30} \times (H_{30}+H_{33})$	9,3 $\pm$ 0,7	36	44	20	

Таблица 4

Распределение 38-летних горнотажных гибридов кедра сибирского в семьях по диаметру

Комбинация деревьев	Диаметр, см	Количество растений, высотой (м), %				
		80–99	100–119	120–139	140–159	160–180
$H_{30} \times (H_{30}+H_{31})$	13,1 $\pm$ 3,1		33	24	23	20
$H_{30} \times (H_{30}+H_{36})$	14,1 $\pm$ 2,3		24	25	32	16
$H_{30} \times H_{31}$	12,9 $\pm$ 1,8		42	30	18	10
$H_{30} \times (H_{30}+H_{33})$	9,8 $\pm$ 1,6	50	34	16		

Эффект разнокачественности сильнее проявляется в энергии роста потомков при большем количестве и степени контрастности функциональных признаков и свойств у родителей. У быстрорастущих гибридов родители различаются по семи высоко генетически обусловленным свойствам: резко (в 2 раза) – по типу сексуализации и среднемноголетнему урожаю семян, значительно (на 22–30 %) – по приросту в высоту, длине шишек, массе семян в них, количеству микростробилов, достоверно сильнее (на 14 %) – по их размерам. Различий между родителями гибридов с пониженной энергией роста вдвое меньше и они скромнее. Родители значительно (на 22 %) превосходят друг от друга лишь по среднемноголетнему урожаю семян и только достоверно сильнее (на 10–12 %) – по приросту в высоту и массе семян в шишке (табл. 5). Возрастная динамика роста гибридов различного происхождения специфична (рис. 1).

На данном этапе онтогенеза выделены три периода с неодинаковым текущим приростом в высоту: 1 – ускоренным (10–16 лет), 2 – очень быстрым (17–27 лет), 3 – быстрым (28–38 лет). С 10 до 16 лет все гибриды из разных семей росли одинаково, прирастая по 23 см в год. С 17 лет началось и с каждым годом стало усиливаться отставание в росте от быстрорастущих семей гибридов от скрещивания близкородственных родителей. В 17–27 лет оно составляло 17 %, при среднегодовом приросте в высоту, соответственно, 48 и 41 см/год, при максимальном – 61 и 49 см/год. К 28–38 годам отставание достигло 38 %, при среднегодовом приросте, соответственно, 32 и 24 см/год, максимальном – 42 и 35 см/год. Гибриды в быстрорастущих семьях, от скрещивания разнокачественных родителей, в течение 38 лет практически достоверно не различались по энергии роста в высоту (табл. 6).

Таблица 5
Показатели горнотаежных родительских деревьев кедр сибирского и их 38-летних гибридов

Комбинация деревьев	Родительские деревья								Гибриды, М+м	
	тип сексуализации	соотношение мужских и женских стробилов	среднемноголетний урожай семян, кг	прирост в высоту за 20 лет, см/год	длина шишек, М±m, см	масса семян в шишке, г	микростробилов размер, мм	кол-во, шт.	высота, м	диаметр, см
Быстрорастущие породы										
Н ₃₀ х (Н ₃₀ +Н ₃₁)	женский	19:1	2,89	26,4	7,0±0,2	19,1	22х20	3420	11,1±0,9	13,1±3,1
	смешанный	41:1	1,44	34,3	8,6±0,2	24,0	25х20	4160		
Различия		2,2	2,01	1,30	1,23	1,26	1,14	1,22		
Н ₃₀ х (Н ₃₀ +Н ₃₆)	женский	19:1	2,89	26,4	7,0±0,2	19,1	22х20	3420	10,9±0,5	14,1±2,3
	смешанный	38:1	1,52	33,1	8,3±0,2	23,3	26х19	4480		
Различия		2,0	1,90	1,25	1,18	1,22	1,18	1,31		
Н ₃₀ х Н ₃₁	женский	19:1	2,89	26,4	7,0±0,2	19,1	22х20	3420	10,9±0,5	12,9±1,8
	смешанный	41:1	1,44	34,3	8,6±0,2	24,0	25х20	4160		
Различия		2,2	2,01	1,30	1,23	1,26	1,14	1,22		
Гибриды с пониженной энергией роста										
Н ₃₀ х (Н ₃₀ +Н ₃₃)	женский	19:1	2,89	26,4	7,0±0,2	19,1	22х20	3420	9,3±0,7	9,8±1,6
	женский	20:1	2,36	29,6	7,2±0,2	17,4	22х20	3130		
Различия		–	1,22	1,12	–	1,10	–	1,08		

Таблица 6
Текущий прирост в высоту 38-летних горнотаежных гибридов кедр сибирского в разном возрасте

Комбинация деревьев	Высота, M±m, м	Возраст, лет					
		10–16		17–27		28–38	
		<u>M+m, см</u> Lim, см	C, %	<u>M+m, см</u> Lim, см	C, %	<u>M+m, см</u> Lim, см	C, %
Быстрорастущие гибриды							
H ₃₀ x (H ₃₀ +H ₃₁)	11,1±0,9	22,5±4,5	20,0	48,4±5,8	11,4	34,7±5,6	16,1
		18-28		40-56		25-40	
H ₃₀ x (H ₃₀ +H ₃₆)	10,9±0,5	24,5±5,1	20,8	47,6±6,7	14,1	30,1±6,0	20,0
		18-30		38-59		22-36	
H ₃₀ x H ₃₁	10,9±0,5	23,2±5,9	25,4	46,8±4,3	16,8	32,4±6,3	19,4
		18-32		34-61		20-42	
Гибриды с пониженной энергией роста							
H ₃₀ x (H ₃₀ +H ₃₃)	9,3±0,7	23,1±7,0	26,3	40,8±6,3	18,4	23,6±7,0	22,3
		14-30		30-49		18-35	

В 35-летнем возрасте они превосходили по среднему и максимальному приростам в высоту на 28–30 %, по общей высоте – на 12–14 % одновозрастные с ними лучшие полусибсы плюсовых деревьев кедров сибирского из Новосибирской области, произрастающие на плантации в Красноярском крае, в Алтае-Саянском горно-таежном районе Южно-Сибирской горной лесорастительной зоны [6].

На разных возрастных этапах у гибридов от всех комбинаций скрещивания установлена отрицательная корреляция между текущим приростом в высоту и уровнем его изменчивости: $r = -0,89$. Вариабельность признака увеличивается по мере ослабления прироста: от среднего уровня ($C = 11-16(18) \%$ и $C = 16-19(22) \%$), соответственно, в периоды очень быстрого и быстрого роста, до повышенного ($C = 21-26 \%$) – во время ускоренного роста. Несколько выше изменчивость в семьях с пониженной энергией роста. Причиной может быть различная гетерогенность родителей по биологическим, биохимическим и другим признакам и свойствам, влияющая на селективность оплодотворения.

Многолетняя, достоверно неодинаковая энергия роста в высоту быстрорастущих семей кедров сибирского от скрещивания родителей с резкими различиями по многим биологическим свойствам, и внутривидовых гибридов с пониженной энергией роста, от комбинации партнеров с близкими свойствами, в одинаковых условиях произрастания свидетельствует о преимущественном влиянии на быстроту роста гибридов степени различий между родителями по высоко-

генетически обусловленным биологическими свойствами, прежде всего, по типу сексуализации, которая определяет физиологическую разнокачественность и весь ход развития организмов [14].

В быстрорастущей семье $H_{30} \times (H_{30}+H_{31})$ выделен генотип с соматическим гетерозисом. Он превосходит по высоте полусибсы лучшего родителя на 17 % (истинный гетерозис), а полусибсы обоих родителей на 26 % (гипотетический гетерозис) (табл. 7).

Гетерозисный гибрид имеет отличительные морфологические особенности. В нижней половине ствола в мутовках много ветвей (7–10 шт.) различной толщины (0,8–1,5 см), отходящих от него под прямым или близким к нему пологим углом (90–80°). Кора мелкотрещиноватая, почти гладкая. У гибридов с пониженной энергией роста меньше ветвей в мутовках (5–7 шт.), но все они одинаково толстые (2,0–2,5(3) см и отходят в этой части от ствола под острым углом (60–45°). Кора мелкотрещиноватая, шероховатая (рис. 2).

Такие морфологические признаки ветвей были ранее установлены нами у гетерозисных 35-летних внутривидовых гибридов кедров сибирского из субальпийского подпояса Северо-Восточного Алтая в Брянской области [19]. Они – результат угнетающего воздействия быстрорастущего центрального побега на боковые, доказанного классическими опытами Е. Мюнха [29]. Боковые побеги в мутовках конкурируют за снабжение питательными веществами, передвигающимися из сердцевин, древесины и коры предшествующего междоузлия [27].

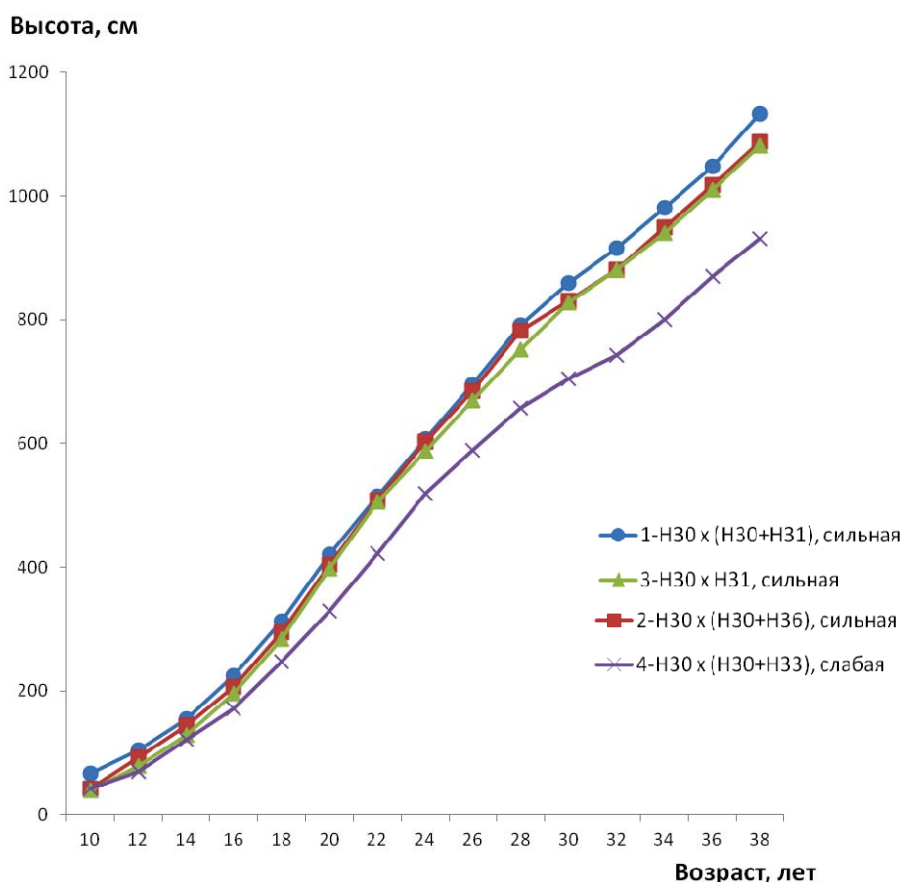


Рис. 1. Динамика роста в высоту внутривидовых горнотаежных гибридов кедров сибирского в зависимости от степени разнокачественности родителей

Таблица 7

Показатели гетерозисного быстрорастущего 38-летнего горнотаежного гибрида кедр сибирского в Воронежской области

Шифр		Н, м	Д, см	Превышение Н над полусибсами					
семьи	растения			семьи		родителей			
				м	%	обоих		лучшего	
		м	%			м	%		
H ₃₀ x (H ₃₀ +H ₃₁)	19-13	13,2	16	2,1	19	2,7	26	1,9	17

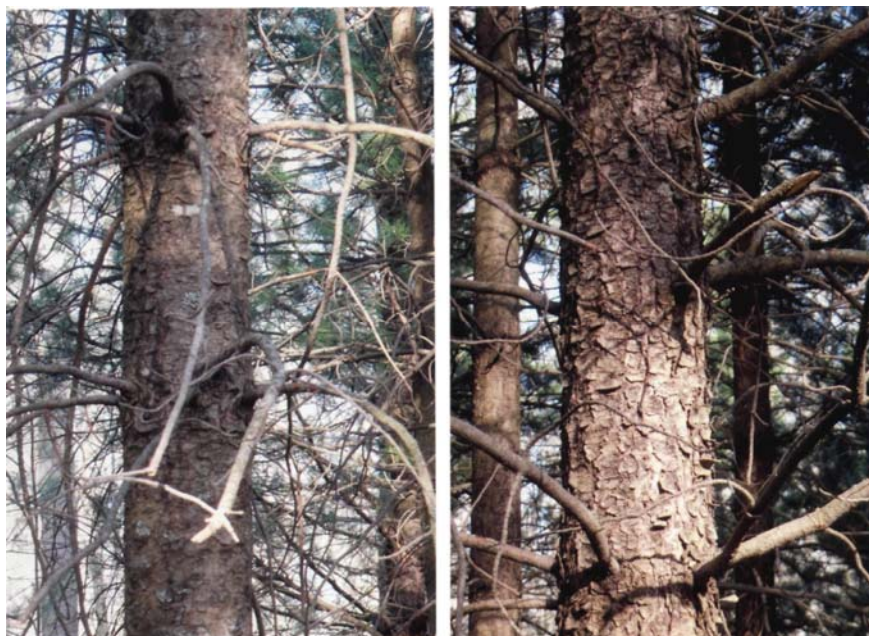


Рис. 2. Боковые ветви в нижней части ствола у гетерозисного гибрида кедр сибирского 13/19 (слева) и гибрида со средней энергией роста 7/19 (справа) из семьи $H_{30} \times (H_{30}+H_{31})$

Чем выше энергия роста лидерного побега, тем сильнее подавляется развитие нижерасположенных боковых ветвей, поэтому они тоньше и под бóльшим углом отклоняются от вертикальной оси. Чем слабее рост центрального побега, тем толще нижерасположенные боковые ветви, и усиливается отрицательный геотропизм. Степень апикального доминирования определяется генетическими и физиологическими свойствами организма [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения роста в южной части подзоны широколиственных лесов и лесостепи (Воронежская обл.) 38-летних внутривидовых гибридов кедр сибирского, полученных в горнотаежном поясе (1100 м над ур. моря) Северо-Восточного Алтая, установлен усиленный рост растений в семьях при опылении деревьев женского полового типа смесью пыльцы различной сексуализации (женский + смешанный). Они превышают одновозрастные семьи от опыления чистой пыльцой родителей одинакового полового типа (женские $\times$ женские) по высоте на 1,6–1,8 м или на 17–19 %, по диаметру – на 32–34 %.

В быстрорастущих семьях выделен генотип с соматическим гетерозисом: истинным – 17 %, гипотетическим – 26 %. Его отличительные морфологические особенности: в мутовках в нижней половине ствола обилие ветвей (7–10 шт.) различной толщины (0,8–1,5 см),

отходящих от него под пологим углом (90–80°). Это – результат угнетающего воздействия быстрорастущего центрального побега на боковые.

В итоге установлено, что смесь пыльцы деревьев различного полового типа, наряду с другими биологическими свойствами, является показателем биохимической разнокачественности партнеров при гибридизации, как основы гетерозисной селекции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Гилязетдинов Ш. Я. Молекулярно-генетические и биохимические основы гетерозиса у растений // Пути генетического улучшения лесных древесных растений. М. : Наука, 1985. С. 63–90.
2. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев : Штиинца, 1980. 588 с.
3. Крамер П. Д., Козловский Т. Т. Физиология древесных растений. М. : Лесн.пром-сть, 1983. 346 с.
4. Ларионова Н. А. Природные регуляторы роста в генеративных органах кедр сибирского // Изменчивость древесных растений Сибири. Красноярск : ИЛИД СО АН СССР, 1974. С. 104–119.
5. Лешковцева И. И. О физиолого-морфологической гетерогенности и полиморфизме пыльцевых зерен лесных древесных растений // Физиология и экология древесных растений. Свердловск, 1968 С. 168–174.
6. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Нарзязев В. В. Особенности роста, семеношения 30–35-летних рамет

и полусибов плюсовых деревьев сосны кедровой сибирской (юг Средней Сибири). Красноярск : СибГТУ, 2021. 208 с.

7. Минина Е. Г. Значение смещения пола у растений для селекции. О связях гетерозиса и полиплоидии с сексуализацией // Журнал общей биологии, 1965. Т. 26, № 4. С. 414–426.

8. Минина Е. Г., Ларионова Н. А. Морфогенез и проявление пола у хвойных. М. : Наука, 1979. 215 с.

9. Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск : Наука, 1983. 200 с.

10. Молотковский Г. Х. Механизм полярности процесса оплодотворения при прямом и обратном скрещивании у растений // Цитология и генетика. 1968. Т. 2, № 2. С. 127–132.

11. Молчан И. М. Избирательность оплодотворения у кукурузы // Агробиология. 1963. № 4(142). С. 497–501.

12. Некрасова Т. П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири. Новосибирск : Наука, 1983. 169 с.

13. Осетрова Г. В., Кудашова Ф. Н. Углеводный и аминокислотный состав пыльцы кедра сибирского и сосны обыкновенной // Материалы конференции по физиологии и биохимии растений. Красноярск : ИЛиД, 1972. С. 41–46.

14. Сабинин Д. А. Физиология развития растений. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 195 с.

15. Скупова О. П. Экспериментальные данные о связи между селективностью оплодотворения и гетерозисом в потомстве : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мичуринск, 1972. 23 с.

16. Старова Н. В. Понятие «гетерозис» и его классификация. М. : Наука, 1985. С. 61–63.

17. Титов Е. В. Продуцирование и прорастание пыльцы у деревьев кедра сибирского различных половых форм // Лесная геоботаника и биология древесных растений. Тула, 1980. С. 124–128.

18. Титов Е. В. Гибридизация кедра сибирского. Воронеж : ВГЛТА, 2006. 128 с.

19. Титов Е. В. Разнокачественность родителей и рост внутривидовых гибридов кедра сибирского // Лесотехнический журнал. 2016, № 1. С. 62–72.

20. Титов Е. В. Эндогенная изменчивость текущего прироста внутривидовых гибридов кедра сибирского в Центральной лесостепи // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск, 2018. С. 233–236.

21. Титов Е. В. Разнокачественность горнотажных гибридов кедра сибирского // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск, 2022. С. 103–106.

22. Третьякова И. Н. Эмбриология хвойных. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1990. 157 с.

23. Турбин Н. В. Гетерозис и генетический баланс // Гетерозис. Теория и методы практического использования. Минск : АН БССР, 1961. С. 3–35.

24. Филатов Г. В. Гетерозис: физиолого-генетическая природа. М. : Агропромиздат, 1988. 96 с.

25. Чайлахян М. Х. Гормональная теория развития растений. Л. : АН СССР, 1937. 200 с.

26. Щепетьев П. Природа полового процесса и гетерозис растений. Кишинев : Изд-во с.-х. лит-ры, 1961. 60 с.

27. Little C. H. Apical dominance in long shoots of white pine (*Pinus strobes*). Can. J. Bot., 1970, Vol. 48, no. 2, p. 239–253.

28. Mikola P. On variations in tree growth and their significance to growth studies // Inst. Forestry Genetica Commun. 1950. No. 38(5), p. 1–131.

29. Münch E. Investigation of the harmony of tree shape. Jahrb. wiss. Bot., 1938, Bd. 86, no. 4, p. 581–673.

30. Stanley R. G. Pollen / R. G. Stanley, H. F. Linskens // Biology Biochemistry management. Berlin-Heidelberg-New York, Springer. Verl., 1974. 307 p.

REFERENCES

1. Gilyazetdinov Sh. Ya. Molekulyarno-geneticheskiye i biokhimicheskiye osnovy geterozisa u rasteniy // Puti geneticheskogo uluchsheniya lesnykh drevesnykh rasteniy. M. : Nauka, 1985. S. 63–90.

2. Zhuchenko A. A. Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy. Kishinev : Shtiintsa, 1980. 588 s.

3. Kramer P. D., Kozlovskiy T. T. Fiziologiya drevesnykh rasteniy. M. : Lesn.prom-st', 1983. 346 s.

4. Larionova N. A. Prirodnyye regulatory rosta v generativnykh organakh kedra sibirskogo // Izmenchivost' drevesnykh rasteniy Sibiri. Krasnoyarsk : ILiD SO AN SSSR, 1974. S. 104–119.

5. Leshkovtseva I. I. O fiziologo-morfologicheskoy geterogennosti i polimorfizme pyl'tsevykh zeren lesnykh drevesnykh rasteniy // Fiziologiya i ekologiya drevesnykh rasteniy. Sverdlovsk, 1968 S. 168–174.

6. Matveyeva R. N., Butorova O. F., Narzyayev V. V. Osobennosti rosta, semenosheniya 30–35-letnikh ramet i polusibov plusovykh derev'yev sosny kedrovoy sibirskoy (yug Sredney Sibiri). Krasnoyarsk : SibGTU, 2021. 208 s.

7. Minina E. G. Znachenie smeshcheniya pola u rasteniy dlya selektsii. O svyazyakh geterozisa i poliploidii s seksualizatsiyey // Zhurnal obshchey biologii, 1965. T. 26, № 4. S. 414–426.

8. Minina E. G., Larionova N. A. Morfogenez i proyavleniye pola u khvoynykh. M. : Nauka, 1979. 215 s.

9. Minina E. G., Tret'yakova I. N. Geotropizm i pol u khvoynykh. Novosibirsk : Nauka, 1983. 200 s.

10. Molotkovskiy G. Kh. Mekhanizm polyarnosti protsessa oplodotvoreniya pri pryamom i obratnom skreshchivaniy u rasteniy // Tsitologiya i genetika. 1968. T. 2, № 2. S. 127–132.

11. Molchan I. M. Izbiratel'nost' oplodotvoreniya u kukuruzy // Agrobiologiya. 1963. № 4(142). S. 497–501.

12. Nekrasova T. P. Pyl'tsa i pyl'tsevoy rezhim khvoynykh Sibiri. Novosibirsk : Nauka, 1983. 169 s.

13. Osetrova G. V., Kudashova F. N. Uglevodnyy i aminokislotnyy sostav pyl'tsy kedra sibirskogo i sosny obyknovennoy // Materialy konferentsii po fiziologii i biokhimii rasteniy. Krasnoyarsk : ILiD, 1972. S. 41–46.

14. Sabinin D. A. Fiziologiya razvitiya rasteniy. M. : Izd-vo AN SSSR, 1963. 195 s.

15. Skupova O. P. Eksperimental'nyye dannyye o svyazi mezhdu selektivnost'yu oplodotvoreniya i geterozism v potomstve : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Michurinsk, 1972. 23 s.

16. Starova N. V. Ponyatiye «geterozism» i ego klassifikatsiya. M. : Nauka, 1985. S. 61–63.

17. Titov E. V. *Produtsirovaniye i prorastaniye pyl'tsy u derev'yev kedra sibirskogo razlichnykh polovykh form* // *Lesnaya geobotanika i biologiya drevesnykh rasteniy*. Tula, 1980. S. 124–128.
18. Titov E. V. *Gibridizatsiya kedra sibirskogo*. Voronezh : VGLTA, 2006. 128 s.
19. Titov E. V. *Raznokachestvennost' roditeley i rost vnutrividovykh gibridov kedra sibirskogo* // *Lesotekhnicheskiy zhurnal*. 2016, № 1. S. 62–72.
20. Titov E. V. *Endogennaya izmenchivost' tekushchego prirosta vnutrividovykh gibridov kedra sibirskogo v Tsentral'noy lesostepi* // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*. Krasnoyarsk, 2018. S. 233–236.
21. Titov E. V. *Raznokachestvennost' gornotayezhnykh gibridov kedra sibirskogo* // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*. Krasnoyarsk, 2022. S. 103–106.
22. Tret'yakova I. N. *Embriologiya khvoynykh*. Novosibirsk : Nauka, Sib. otd-niye, 1990. 157 s.
23. Turbin N. V. *Geterozis i geneticheskiy balans* // *Geterozis. Teoriya i metody prakticheskogo ispol'zovaniya*. Minsk : AN BSSR, 1961. S. 3–35.
24. Filatov G. V. *Geterozis: fiziologo-geneticheskaya priroda*. M. : Agropromizdat, 1988. 96 s.
25. Chaylakhyan M. Kh. *Gormonal'naya teoriya razvitiya rasteniy*. L. : AN SSSR, 1937. 200 s.
26. Shchepet'yev P. *Priroda polovogo protsessa i geterozis rasteniy*. Kishinev : Izd-vo s.-kh. lit-ry, 1961. 60 s.
27. Little C. H. *Apical dominance in long shoots of white pine (Pinus strobes)*. *Can. J. Bot.*, 1970, Vol. 48, no. 2, p. 239–253.
28. Mikola P. *On variations in tree growth and their significance to growth studies* // *Inst. Forestry Genetica Commun.* 1950. No. 38(5), p. 1–131.
29. Münch E. *Investigation of the harmony of tree shape*. *Jahrb. wiss. Bot.*, 1938, Bd. 86, no. 4, p. 581–673.
30. Stanley R. G. *Pollen / R. G. Stanley, H. F. Linskens* // *Biology Biochemistry management*. Berlin-Heidelberg-New York, Springer. Verl., 1974. 307 p.

© Титов Е. В., 2024

Поступила в редакцию 23.10.2024
Принята к печати 23.12.2024

РАЗРЯДНАЯ ШКАЛА ОБЪЕМОВ ДЛЯ ТАКСАЦИИ ДРЕВОСТОЕВ КЛЕНА ЗЕЛЕНКОРОГО

Н. В. Выводцев^{1,2*}, В. С. Грек², С. М. Выходцев¹, В. Ю. Жариков¹,
С. И. Станого¹, Н. Г. Ткаченко¹

¹Тихоокеанский государственный университет
Российская Федерация, 680035, г. Хабаровск, Тихоокеанская, 136

²Дальневосточный НИИ лесного хозяйства
Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Волочаевская, 71

*E-vail: 004193@pnu.edu.ru

Аннотация: В статье рассмотрена методика построения разрядной таблицы объемов для клена зеленокорого, растущего во втором ярусе хвойно-широколиственных лесов. Исследования проводились по материалам государственной инвентаризации лесов. Объектом исследования послужили 77 модельных деревьев. Была изучена регрессионная связь высоты и диаметра. Усредненные значения высот выражены в индексах относительно высоты базовой ступени толщины. Она описывается уравнением параболы 3-го порядка. Шкала высот представлена семейством кривых, полученных из одной осевой линии путем ее растяжения и сжатия. Разрядная таблица высот дополнена объемами ствола. Объемы стволов определены как произведение высоты, диаметра и эмпирического видового числа. По материалам ГИЛ проведен сравнительный анализ продуктивности насаждений клена зеленокорого, клена желтого и клена мелколистного.

Ключевые слова: клен зеленокорый, модельные деревья, разрядная шкала объемов.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 59–64

DISCHARGE VOLUME SCALE FOR INVENTORY OF GREEN MAPLE STANDS

N. V. Vyvoldtsev^{1,2*}, V. S. Grek², C. M. Vykhardtsev¹, V. Yu. Zharikov¹,
C. I. Stanoga¹, N. G. Tkachenko¹

¹Pacific State University
136, Pacific Str., Khabarovsk, 680035, Russian Federation

²Far Eastern Forestry Research Institute
71, Volochaevskaya Str., Khabarovsk, 680020, Russian Federation

*E-vail: 004193@pnu.edu.ru

Abstract: The article considers the methodology of construction of the discharge table of volumes for greenbark maple growing in the second tier of coniferous-broadleaved forests. The research was conducted based on the materials of the state forest inventory. The object of the study was 77 model trees. The regression relationship between height and diameter was studied. The averaged values of heights are expressed in indices relative to the height of the base thickness step. It is described by a 3rd order parabola equation. The height scale is represented by a family of curves obtained from a single centerline by stretching and compressing it. The height table is supplemented with trunk volumes. Stem volumes are defined as the product of height, diameter and empirical species number. The comparative analysis of productivity of plantations of greenbark maple, yellow maple and small-leaved maple was carried out on the basis of GIL materials.

Keywords: greenbark maple, model trees, volume discharge scale.

ВВЕДЕНИЕ

По данным государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном и Дальневосточном лесостепном районах произрастает 66 видов древесных пород. Подавляющее большинство из них растут в основном во втором ярусе хвойно-широколиственных лесов. В таксационных описаниях информация об этих породах практически отсутствует. Как следствие, они не учитываются в государственном лесном реестре. Но

они находят широкое применение в хозяйственном использовании, например, семейство кленовые (Aceraceae Juss.). Семейство представлено одним родом клен (Acer L), который включает на российском Дальнем Востоке 13 видов [1]. Каждый из видов имеет важное лесопроизводственное, лесомелиоративное и декоративное значение. Например, клён зеленокорый – листопадное дерево до 15 м высотой и до 30 см в диаметре на высоте 1,3 м. В определенных условиях произрастания может расти в виде кустарника. Кора

гладкая, смолоду зелёная, с вертикальными белыми полосами, с возрастом становится тёмно-серой. Двудомен. Листья крупные, бледно-зелёные, 9–17 см длиной, округлые, кверху слегка расширенные. Сходство листьев с липовыми породило его местное народное название – «клён-липа» [1].

Клен зеленокорый растёт одиночно или группами в хвойно-широколиственных лесах. Чаще всего встречается на высоте 200–600 м над уровнем моря. В составе древостоев, как правило, растёт во втором ярусе. Численность деревьев может достигать 500 шт/га и более [2]. Древесина светло-желтоватая, значительно мягче, чем у всех остальных дальневосточных клёнов. По массе и прочности близка к липе [1]. Слабый медонос, но хороший пыльценос. Пыльца светло-желто-зелёная, мелкая. Каждый цветок функционирует 3–5 дней. Плод – двойная желтовато-коричневая крылатка с двумя плоскими или слегка выпуклыми орешками (3×1,3 см); цветёт в мае-июне, плоды созревают в сентябре. Декоративен, благодаря крупным листьям и оригинальным полосатым серо-зелёным стволам. Вместе с клёном бородатым играет важную роль в зимнем рационе изюбры. Их доля составляет до 50 % веточного корма.

Acer tegmentosum является лекарственным видом. Экстракты, приготовленные из его коры, используются в традиционной медицине при лечении различных заболеваний печени, травматических кровотечениях, снижают разрушение костей [3]. Выявлено ингибирующее действие препаратов из клена зеленокорого на дифференцировку адипоцитов (основной тип клеток, из которых, в основном, состоит жировая ткань). Введение препарата эффективно ингибировало накопление липидов в эпидемиальной жировой ткани и ткани печени у крыс с ожирением. Эти результаты позволяют предположить, что клён потенциально может использоваться в качестве средства в борьбе с ожирением. Отвар листьев применяют как профилактическое средство от вирусных заболеваний [4]. Резюмируя выше изложенное, можно сказать, что клен зеленокорый ценная древесная порода с широким диапазоном кормовых, продуктивных и лечебных возможностей, требующая к себе соответствующего хозяйственного внимания и в первую очередь лесотаксационных нормативов. В этой связи была поставлена цель: разработать нормативную базу (разрядную шкалу высот, объёмные таблицы по разрядам высот, эскиз таблицы хода роста) для таксации отдельных деревьев и древостоев клёна зеленокорого, произрастающего в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном и Дальневосточном лесостепном районах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методические подходы к достижению поставленной цели рассматривались в работах [5–9]. В качестве экспериментального материала использованы материалы государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). Анализ постоянных пробных площадей ГИЛ по Приамурско-Приморскому хвойно-широколиственному и Дальневосточному лесостепным районам позволил

отобрать 77 деревьев клена зеленокорого, 155 моделей клена желтого, более 100 моделей клена мелколистного. По материалам пробных площадей ГИЛ, архивных данных измерений на пробных площадях Аванского лесничества (5 пробных площадей), Хехцирского лесничества Хабаровского края, а также многочисленные данные пробных площадей Приморского края (16 пробных площадей), включая материалы переучётов Верхнеуссурийского стационара, в составе которых имелись древесные породы второго яруса, получены средние значения высот по ступеням толщины, а также средние значения запасов по классам возраста. Расчет шкалы разрядов высот выполнен по обобщающей кривой аналитическим способом [10]. Объёмы стволов в разрядной шкале рассчитывалась по трем показателям: высоте, диаметру на высоте 1,3 м и старому видовому числу. Старое видовое число при одинаковых высотах и диаметрах влияет на объём ствола в пределах 9 %. Оно показывает, какую часть в объёме цилиндра занимает объём ствола при измерении диаметра на высоте 1,3 м. В формуле объёма ствола этот виртуальный показатель не представляется возможным определить инструментально. Его определяют через измеряемые показатели – видовую высоту, реже – видовой диаметр, есть и другие комбинации таксационных показателей [11; 12]. Динамические ряды продуктивности клена зеленокорого, клена желтого, клена мелколистного выравнивались с помощью параболы второго порядка.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Шкала высот представлена семейством кривых, полученных из одной осевой линии путем ее растяжения и сжатия. В геометрическом смысле кривые высот всех разрядов конгруэнтны, а их перемещение регламентируется введением переменного коэффициента преобразования K_i . Для среднего разряда должно быть $K = 1$, для высших разрядов $K > 1$, для низших $K < 1$. Если представить обобщающую кривую высот в виде функции F коррелятивной связи высот H и диаметров $D_{1,3}$, то шкалу разрядов в целом можно выразить уравнением

$$H = K_i F(D_{1,3}), \quad (1)$$

при $K_i = 1 \pm hN$, где $N = 0, 1, 2 \dots$ для осевых линий; $N = 0,5; 1,5; 2,5 \dots$ для граничных линий; i – номер разряда (границы разряда).

Обобщенная кривая высот аппроксимирована кубической параболой. За базисную величину принимается ступень толщины, имеющая наибольший вес по числу встречающихся деревьев (рис. 1) [10].

$$h = 0,000046d^3 - 0,00385d^2 + 0,11208d + 0,00758 \quad R^2 = 0,998, \quad (2)$$

где h – относительная высота дерева; d – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см.

Для пятиразрядной шкалы ($i = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5$) коэффициент преобразования K_i уравнения обобщающей кривой принимает следующие значения по разрядам:

а) для осевых линий $K_1 = 1,20$; $K_2 = 1,10$; $K_3 = 1,00$; $K_4 = 0,90$; $K_5 = 0,80$;

б) для граничных линий $K_{0,5} = 1,25$; $K_{1,5} = 1,15$; $K_{2,5} = 1,05$; $K_{3,5} = 0,95$; $K_{4,5} = 0,85$; $K_{5,5} = 0,75$.

По уравнению обобщающей кривой и найденным коэффициентам преобразования выполнены расчеты осевых и граничных линий шкалы разрядов высот клёна зеленокорого (табл. 1).

Разрядная шкала объемов. Наиболее распространенный способ расчета объема ствола на растущих деревьях – использование трех показателей: высоты, диаметра на высоте 1,3 м и старого видового числа, или нормальному видового числа. При расчете объемов ствола с помощью нормального видового числа точность на 3–5 % выше, чем с помощью старого видового числа. Но при определении объемов на растущих деревьях возникают определенные трудности при замерах диаметров у деревьев больше 13 метров высотой. В этой связи в лесной таксации наибольшее применение (ввиду доступности измерения диаметра на высоте 1,3 м) получило старое видовое число. Оно показывает, какую часть в объеме цилиндра занимает объем ствола при измерении диаметра

на высоте 1,3 м. В формуле объема ствола этот виртуальный показатель не представляется возможным определить инструментально. Его определяют через измеряемые показатели – высоту дерева или диаметр:

$$V_c = g \times h \times f_s, \quad (3)$$

где V_c – объем ствола, m^3 ; g – площадь сечения ствола на высоте 1,3 м; h – высота, м; f_s – старое видовое число.

Формулу (3) можно представить уравнением, на основе которого можно находить запас насаждения:

$$M = V_c \times N, \quad (4)$$

где M – запас насаждения, $m^3 \text{ га}^{-1}$; N – количество деревьев в насаждении, шт.

Старое видовое число (f_s) с увеличением высоты описывается уравнением гиперболы 1-го порядка:

$$f_s = a + b / h, \quad (5)$$

где h – высота дерева, м; a , b – параметры гиперболы 1-го порядка.

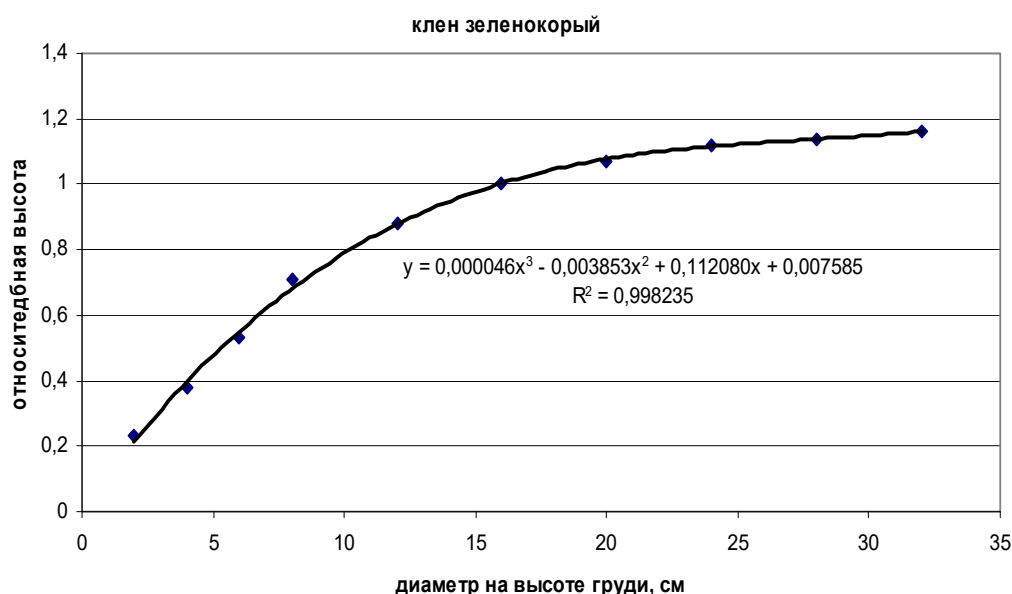


Рис. 1. Обобщенная кривая высот деревьев клёна зеленокорого

Таблица 1

Шкала для определения разрядов высот древостоев клёна зеленокорого

Ступени толщины, см	Разряды высот				
	I	II	III	IV	V
2	3,1–2,8	2,7–2,5	2,5–2,3	2,3–2,1	2,0–1,7
4	4,9–4,5	4,4–4,2	4,1–3,7	3,6–3,4	3,3–2,9
6	6,9–6,3	6,2–5,8	5,7–5,3	5,2–4,8	4,7–4,2
8	9,2–8,4	8,3–7,7	7,6–7,0	6,9–6,2	6,1–5,5
12	11,3–10,5	10,4–10,5	10,4–8,7	8,6–7,7	7,6–5,8
16	13,0–11,9	11,8–10,8	10,7–9,8	9,7–8,9	8,8–7,5
20	13,8–12,7	12,6–11,6	11,5–10,6	10,5–9,4	–
24	14,4–13,2	13,1–12,0	11,9–11,0	–	–
28	14,8–13,6	13,5–12,4	–	–	–
32	15,1–13,9	–	–	–	–

Примечание: h – высота.

По уравнению (5) с увеличением высоты старое видовое число будет снижаться, т. е. стволы будут менее полндревесными.

По разрядным шкалам объемов основных древесных пород Дальнего Востока были найдены средние значения параметров (а) и (b) [13]. Например, для быстро растущих пород первого яруса (сосна, лиственница) параметр $a = 0,4$, $b = 1,2$. Для медленно растущих пород (клены, ильмы, граб, березы) параметр a равен $0,41$. Клен зеленокорый, растущий во втором ярусе, относится ко второй категории деревьев – медленно растущим, теневыносливым. Уравнение (3) для клена зеленокорого, после преобразования, принимает вид

$$V_3 = g_{1,3} \times h \times (0,4 + 1,2/h) = g_{1,3} \times (h + 3) \times 0,41, \quad (6)$$

где V_3 – объем ствола клена зеленокорого, m^3 .

Рассчитанные по уравнению (6) объемы ствола для клена зеленокорого приведены в табл. 2.

Проверка принятых констант в формуле (6) выполнена на разрядной шкале объемов клена мелколистного ($V_{км}$). Формула для расчета объемов ствола получена через видовую высоту [13]. Она практически не отличается по размерности постоянных величин от формулы, принятой для расчета объемов ствола клена зеленокорого:

$$V_{км} = 0,42g_{1,3} \times (h + 1,9), \quad (7)$$

где $V_{км}$ – объем ствола клена мелколистного, m^3 .

Распределение по классам возраста средних запасов насаждений клена зеленокорого, клена мелколистного, клена желтого взято из сводной таблицы материалов государственной инвентаризации лесов в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном районе. Для сравнения продукционного потенциала древесных пород второго яруса анализировали три вида кленов: мелколистный, желтый и зеленокорый (рис. 2).

Таблица 2

Разрядная таблица объемов ствола клена зеленокорого

Ступени толщины	Разряды высот									
	I		II		III		IV		V	
	h	v	h	v	h	v	h	v	h	v
2	2,9	0,0007	2,6	0,0007	2,4	0,0007	2,2	0,0007	1,9	0,0006
4	4,7	0,0030	4,3	0,0038	3,9	0,0029	3,5	0,0025	3,1	0,0024
6	6,6	0,0134	6,0	0,014	5,5	0,0038	5,0	0,0036	4,4	0,0035
8	8,8	0,024	8,0	0,022	7,3	0,021	6,6	0,0197	5,8	0,0180
12	10,9	0,064	10,0	0,060	9,1	0,056	8,2	0,0519	6,6	0,0444
16	12,4	0,126	11,3	0,117	10,3	0,109	9,3	0,1008	8,2	0,0918
20	13,2	0,208	12,1	0,194	11,0	0,180	9,9	0,166	–	–
24	13,8	0,311	12,6	0,289	11,5	0,269	–	–	–	–
28	14,2	0,434	13,0	0,403	–	–	–	–	–	–
32	14,4	0,573	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: h – высота, м; V_3 – объем ствола, m^3 .

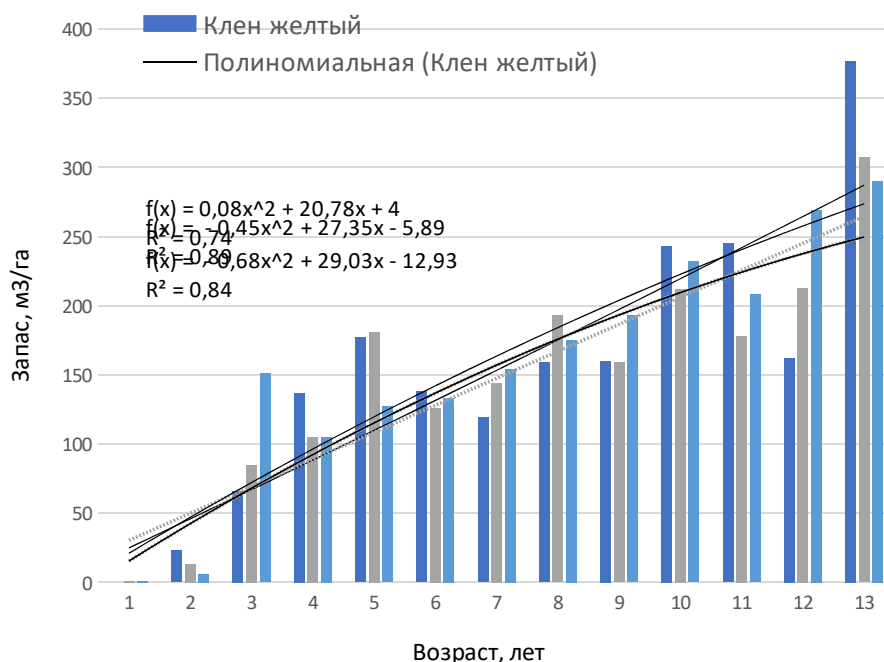


Рис. 2. Динамика запасов кленов желтого, зеленокорого и мелколистного

Таблица 3

Динамика запасов клена зеленокорого, клена желтого и клена мелколистного

А	Кж	Км	Кз	Δср Кж	*Δтек Кж	Δср Км	*Δтек Км	Δср Кз	*Δтек Кз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	23	34	29	1,5	–	2,3	–	1,9	–
25	69	60	55	2,8	4,6	2,4	2,6	2,2	2,6
35	99	84	80	2,8	3,0	2,4	2,4	2,3	2,5
45	121	108	104	2,7	2,2	2,4	2,4	2,3	2,4
55	139	131	126	2,5	1,8	2,4	2,3	2,3	2,2
65	154	153	147	2,4	1,5	2,4	2,2	2,3	2,1
75	167	174	168	2,2	1,3	2,3	2,1	2,2	2,1
85	178	194	185	2,4	1,1	2,3	2,0	2,2	1,7
95	188	214	201	2,0	1,0	2,2	2,0	2,1	1,6
105	197	232	217	1,9	0,9	2,2	1,8	2,1	1,6
115	205	250	231	1,8	0,8	2,2	1,8	2,0	1,4

Примечание: А – возраст, лет; Кз – запас клена зеленокорого, м³/га; Км – запас клена мелколистного, м³/га; Кж – запас клена желтого, м³/га; Δср Кж, Кз, Км – среднее изменение запаса кленов желтого, зеленокорого, мелколистного, м³/га; Δтек Кж, Кз, Км – текущее изменение запаса кленов желтого, зеленокорого, мелколистного, м³/га.

Уравнения регрессии, описывающие динамику запасов насаждений клена зеленокорого (К_з), клена желтого (К_ж), клена мелколистного (К_м) следующие:

$$K_z = -0,679x^2 + 29,03x - 12,9 \quad R^2 = 0,84, \quad (7)$$

$$K_{ж} = 0,077x^2 + 20,78x + 4,0 \quad R^2 = 0,74, \quad (8)$$

$$K_{м} = -0,449x^2 + 27,35x - 5,9 \quad R^2 = 0,88, \quad (9)$$

где x – возраст, лет, уменьшенный в 10 раз.

Рассчитанные по уравнениям 7–9 запасы кленов приведены в табл. 3.

Анализируя табл. 3 отметим следующее. Запасы древостоев клена желтого и клена зеленокорого различаются между собой в пределах 21 % в молодняках и 11 % – в спелых и перестойных насаждениях. Примерно такая же картина наблюдается между запасами насаждений клена мелколистного и клена зеленокорого. В 15-летнем возрасте различия составляют 15 %, а в 115 лет – 8 %. Как следствие, средний прирост у трех пород варьирует в пределах 1,5–2,8 м³/га. Максимальная величина среднего прироста по запасу у всех трех пород наступает в 30–40 лет. Наибольший текущий прирост наблюдается в насаждениях клена желтого. Его максимум – 4,6 м³/га наступает в 25 лет. У клена зеленокорого этот показатель равен 2,6 м³/га. Следовательно, с позиции углерододепонирования клен желтый более эффективен, чем клены зеленокорый и мелколистный.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для древесной породы второго яруса клена зеленокорого разработаны разрядная шкала высот, объемные таблицы по разрядам высот, эскиз таблицы хода роста. Построенные нормативы могут использоваться на территориях Амурской, Сахалинской, Еврейской автономной областях, Хабаровского и Приморского краев для таксации насаждений клена зеленокорого. Апробированная методика может быть применена для разработки аналогичных нормативов по другим древесным породам, растущим во втором ярусе.

Объемы стволов рассчитаны по формуле, независимыми переменными которой являются высота, диаметр и старое видовое число. Уравнение проверено на других дальневосточных древесных породах. Точность определения объемов стволов по разрядам высот не выходит за пределы ±5–10 %, что удовлетворяет производственным требованиям лесной таксации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока : справ. кн. / Авт. вступ. ст. С. Д. Шлотгауэр. 3-е изд., перераб. и доп. Хабаровск : Изд-во «Приамурские ведомости», 2009. 272 с.
2. Кудинов А. И. Дубово-кедровые леса южного Приморья и их динамика. Приморская гос. с.-х. академия. Уссурийск, 2000. 183 с.
3. О значении и применении кленов. <https://botsad.ru/menu/mir-rastanii/dv-plants/klyon-zelenokoryj/> (дата обращения: 10. 10. 2023).
4. Тагильцев Ю. Г., Выводцев Н. В., Колесникова Р. Д. Недревесные лесные ресурсы: пищевые, лекарственные, плодово-ягодные, технические. Хабаровск : ТОГУ, 2014. 127 с.
5. Выводцев Н. В. Методология построения таблиц хода роста по материалам государственной инвентаризации лесов на примере ильма долинного. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2024. № 2(75). С. 41–49. DOI 10.34655/bgsha.2024.75.2.005.
6. Выводцев Н. В. Разработка нормативов по материалам государственной инвентаризации лесов. Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 42, № 3. С. 32–37. DOI 10.53374/1993-0135-2024-3-32-37.
7. Ткаченко А. Д., Ефименко В. А., Выводцев Н. В. Разработка нормативов для таксации древесных пород второго яруса на примере клена желтого. Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : материалы XIII Науч.-практ. конф. Хабаровск, 22–24 мая 2024 года. Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2024. С. 32–36.
8. Ефименко В. А. Ткаченко А. Д., Выводцев Н. В. Особенности роста клена зеленокорого в Приамурско-

Приморском хвойно-широколиственном лесном районе. *Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : материалы XIII Науч.-практ. конф.* Хабаровск, 22–24 мая 2024 года. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2024. С. 10–13.

9. Выводцев Н. В., Грек В. С. Особенности таксации древесных пород второго яруса. Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Хабаровск, 10–11 октября 2024 года. Хабаровск : Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, 2024. С. 35–38.

10. Грек В. С. Аналитический способ построения шкалы разрядов высот. *Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн.* 1983. № 1. С. 126–127.

11. Лиєпа И. Динамика древесных запасов: Прогнозирование и экология. Рига, 1980. 170 с.

12. Кузьмичев В. В. Анализ способов определения объема стоящих деревьев и запаса древостоев (на примере Минусинских боров). Таксационные исследования лесов Сибири. Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева. Красноярск, 1977. С. 91–125.

13. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / отв. сост. и науч. ред. В. Н. Корякин. Хабаровск : ДальНИИЛХ. 2010. 526 с.

REFERENCES

1. Usenko N. V. *Derev'ya, kustarniki i liany Dal'nego Vostoka: sprav. kn. / avt. vstup. st.* S. D. Shlotgauer. 3-e izd., pererab. i dop. Habarovsk : Izd-vo "Priamurskie vedomosti", 2009. 272 s.

2. Kudinov A. I. *Dubovo-kedrovyje lesa yuzhnogo Primor'ya i ih dinamika.* Primorskaya gos. s.-h. akademiya. Ussurijsk, 2000. 183 s.

3. O znachenii i primenении klenov. <https://botsad.ru/menu/mir-rastenii/dv-plants/klyon-zelenokoryj/> (data obrashcheniya: 10.10.2023).

4. Tagil'cev Yu. G., Vyvodcev N. V., Kolesnikova R. D. *Nedrevesnye lesnye resursy: pishchevye, lekarstvennye, plodovo-yagodnye, tekhnicheskie.* Habarovsk : TOGU, 2014. 127 s.

5. Vyvodcev N. V. *Metodologiya postroeniya tablic hoda rosta po materialam gosudarstvennoj inventarizacii lesov na primere il'ma dolinnogo.* Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im.

V. R. Filippova. 2024. № 2(75). S. 41–49. DOI 10.34655/bgsha.2024.75.2.005.

6. Vyvodcev N. V. *Razrabotka normativov po materialam gosudarstvennoj inventarizacii lesov. Hvojnye boreal'noj zony.* 2024. T. 42, № 3. S. 32–37. DOI 10.53374/1993-0135-2024-3-32-37.

7. Tkachenko A. D., Efimenko V. A., Vyvodcev N. V. *Razrabotka normativov dlya taksacii drevesnyh porod второго яруса на примере клена желтого.* *Filosofiya sovremennogo prirodopol'zovaniya v bassejne reki Amur : materialy XIII Nauchno-prakticheskoy konferencii,* Habarovsk, 22–24 maya 2024 goda. Habarovsk : Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet, 2024. S. 32–36.

8. Efimenko V. A. Tkachenko A. D., Vyvodcev N. V. *Osobennosti rosta klena zelenokorogo v Priamursko-Primorskom hvojno-shirokolistvennom lesnom rajone.* *Filosofiya sovremennogo prirodopol'zovaniya v bassejne reki Amur : materialy XIII Nauchno-prakticheskoy konferencii,* Habarovsk, 22–24 maya 2024 goda. Habarovsk : Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet, 2024. S. 10–13.

9. Vyvodcev N. V. Grek V. S. *Osobennosti taksacii drevesnyh porod второго яруса. Intensifikaciya ispol'zovaniya i vosproizvodstva lesov Sibiri i Dal'nego Vostoka: materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem,* Habarovsk, 10–11 oktyabrya 2024 goda. Habarovsk : Federal'noe byudzhethoe uchrezhdenie / Dal'nevostochnyj nauchno-issledovatel'skij institut lesnogo hozyajstva, 2024. S. 35–38.

10. Grek V. S. *Analiticheskij sposob postroeniya shkaly razryadov vysot. Izv. vyssh. ucheb. zavedenij. Lесn. zhurn.* 1983. № 1. S. 126–127.

11. Liepa I. *Dinamika drevesnyh zapasov: Prognozirovaniye i ekologiya.* Riga, 1980. 170 s.

12. Kuz'michev V. V. *Analiz sposobov opredeleniya ob'ema stoyashchih derev'ev i zapasa drevostoev (na primere Minusinskih borov).* Таксационные исследования лесов Сибири. Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева. Красноярск, 1977. С. 91–125.

13. *Spravochnik dlya taksacii lesov Dal'nego Vostoka / отв. sost. i nauch. red. V. N. Koryakin.* Habarovsk : Dal'NIILH, 2010. 526 s.

© Выводцев Н. В., Грек В. С.,
Выходцев С. М., Жариков В. Ю.,
Станого С. И., Ткаченко Н. Г., 2024

Поступила в редакцию 13.10.2024
Принята к печати 23.12.2024

**ПЛОДОНОШЕНИЕ МАТОЧНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ДЛЯ ГИБРИДИЗАЦИИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИМ. ВС. М. КРУТОВСКОГО****С. О. Григорьева, Р. Н. Матвеева, Н. В. Моксина, М. В. Коломыцев**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: gsnezhana97@mail.ru

Аннотация: В статье приводится анализ литературных данных, характеризующих целесообразность проведения селекционных исследований по увеличению сортов яблони. Дается краткое описание сортов, использованных для гибридизации на территории Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского. Яблони включают как летние, так и зимние сорта. К летним сортам относятся: Аркад стаканчатый, Белый налив, Грушовка московская, Золотой шип, Медовка, Папировка; к зимним – Антипасхальное, Аркад зимний, Бисмарк, Генерал Орлов, № 22. Данные сорта произрастают в стелющейся форме на верхней части сада (№ 5, 6, 36, 37, 48, 49, 52, 54, 54а, 65, 76, 76а) и в открытой на нижней части сада (№ 6-1, 6-3, 7-7, 9-7, 12-1, 19-8, 19-10, 21-3, 29-4). Были проведены исследования по плодоношению деревьев яблони и установлено их отличие по крупности плодов (высота, диаметр, масса), количеству плодов на дереве. Установлено, что плодоношение у летних сортов в стелющейся форме варьирует от 5,3 до 41,1 кг и от 2,4 до 39,4 кг – у зимних; у летних сортов открытой формы плодоношение колеблется от 2,2 до 30,4 кг, у зимних – от 10,6 до 48,1 кг. Высота плода у сравниваемых сортов, произрастающих в стелющейся форме, варьирует от 3,6 до 6,4 см у сортов летнего срока созревания и от 4,1 до 6,2 см у сортов зимнего срока созревания; у деревьев открытой формы летних сортов высота различается от 3,7 до 5,5 см, у зимних – от 4,6 до 5,2 см; диаметр летних сортов колеблется от 4,2 до 5,7 см, у зимних – от 5,3 до 6,1 см. Средняя масса плодов у летних сортов стелющейся формы варьирует от 31,1 до 108,7 г, у зимних – от 53,5 до 81,6 г; у деревьев открытой формы масса плодов летних сортов колеблется от 40,1 до 70,3 г, у зимних – от 60,3 до 80,9 г. Были отобраны деревья для дальнейшего их использования при гибридизации с целью выведения сортов, отличающихся повышенной урожайностью и крупноплодностью. Большую ценность представляют экземпляры, сочетающие в себе два показателя плодов (урожайность и масса): № 52 Антипасхальное, № 54а Белый налив и № 12-1 Генерал Орлов.

Ключевые слова: яблоня, маточные деревья, плодоношение, Ботанический сад им. Вс. М. Крутовского.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 65–70

**FRUIT-BEARING OF ROTHERHOOD APPLE TREES USED FOR HYBRIDIZATION
AT THE VS. KRUTOVSKY BOTANICAL GARDEN****S. O. Grigorieva, R. N. Matveeva, N. V. Moksina, M. V. Kolomytsev**

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: gsnezhana97@mail.ru

Abstract: The article provides the analysis of literary data characterizing the feasibility of conducting breeding studies to increase apple tree varieties. A brief description of the varieties used for hybridization on the territory of the Botanical Garden named after Vs. Krutovskiy is given. Apple trees include both summer and winter varieties. Summer varieties include: Arkad stakachchatyy, Bely Naliv, Grushovka Moskovskaya, Zolotoy thorn, Medovka, Papirovka; winter ones include Antipaskhalnoe, Arkad winter, Bismarck, General Orlov, No. 22. These varieties grow in a creeping form in the upper part of the garden (№ 5, 6, 36, 37, 48, 49, 52, 54, 54a, 65, 76, 76a) and in an open form in the lower part of the garden (№ 6-1, 6-3, 7-7, 9-7, 12-1, 19-8, 19-10, 21-3, 29-4). Research was conducted on the fruiting of apple trees and their differences in the size of the fruits (height, diameter, weight), the number of fruits on the tree were established. It was found that fruiting of summer varieties in a creeping form varies from 5.3 to 41.1 kg and from 2.4 to 39.4 kg for winter varieties; fruiting of summer open varieties fluctuates from 2.2 to 30.4 kg, and for winter varieties it fluctuates from 10.6 to 48.1 kg. The height of the fruit of the compared varieties growing in a creeping form, varies from 3.6 to 6.4 cm for summer varieties and from 4.1 to 6.2 cm for winter varieties; the height of open summer varieties varies from 3.7 to 5.5 cm, and for winter varieties it varies from 4.6 to 5.2 cm; The diameter of summer varieties fluctuates between 4.2 and 5.7 cm, while that of winter varieties fluctuates between 5.3 and 6.1 cm. The average fruit weight of summer varieties of creeping form varies between 31.1 and 108.7 g, while that of winter

varieties fluctuates between 53.5 and 81.6 g; for open trees, the fruit weight of summer varieties fluctuates between 40.1 and 70.3 g, while that of winter varieties fluctuates between 60.3 and 80.9 g. Trees were selected for their further use in hybridization to develop varieties characterized by increased productivity and large-fruitedness. Specimens that combine two indicators of fruit (productivity and weight) are of great value: № 52 Antipaskhalnoye, № 54a Bely Naliv and № 12-1 General Orlov.

Keywords: apple tree, mother trees, fruiting, Vs. Krutovskiy Botanical garden.

ВВЕДЕНИЕ

Род яблони (*Malus*) относится к семейству Розовые (*Rosaceae*), подсемейству яблоневых (*Maloideae*). Он включает в себя 36 видов, многочисленных подвидов и разновидностей. Наиболее распространены в культуре следующие виды: лесная (*M. silvestris*), Сиверса (*M. Roem*), сибирская или ягодная (*M. Baccata*). Возделываемые сорта относятся к культурному виду – яблоня домашняя или культурная (*M. domestica*), которая насчитывает тысячи сортов [1; 2; 7; 11; 17; 18].

Некоторые сорта яблони отличаются высокой урожайностью. В среднем взрослое дерево способно давать в год 100–200 кг плодов. Среди плодовых растений яблоня является наиболее распространенной культурой в России, на ее долю приходится 65–70 % площади садов, в том числе в Сибири – 16 % или 1127 га [5].

Значительное воздействие на процесс плодоношения яблони оказывает принадлежность к определенному сорту. Один из ключевых факторов, определяющих продуктивные характеристики плодовых деревьев является урожайность, которая в значительной степени зависит от генотипа и может изменяться в зависимости от агротехники выращивания и почвенно-климатических условий. В одинаковых условиях произрастания наблюдается большая вариабельность как между сортами, так и внутри сорта по многим показателям. Главная задача, стоящая перед садоводством России на современном этапе его развития, заключается в создании сортов, отличающихся высокой продуктивностью [3; 4; 8; 9; 12; 13; 14; 16].

Целью наших исследований явилось сопоставить показатели плодоношения деревьев яблони, использованных ранее при гибридизации [8] и отселектировать экземпляры для их дальнейшего использования при гибридизации с целью выведения крупноплодных и высокоурожайных сортов яблони.

Среди летних сортов были взяты Аркад стаканчатый, Белый налив, Грушовка московская, Золотой шип, Медовка, Папировка; зимних сортов – Антипасхальное, Аркад зимний, Бисмарк, Генерал Орлов, № 22. Согласно литературным данным [1; 6] Аркад стаканчатый плодоносит в августе на 5–6 год, урожайность средняя, продолжительность хранения плодов 7–10 дней, масса плодов до 86 г. Белый налив является сортом прибалтийской народной селекции, отличается хорошей зимостойкостью, вступает в плодоношение в возрасте 4–5 лет, урожайность хорошая, созревание плодов отмечается в конце июля-начале августа, продолжительность хранения 2–3 недели, масса плодов до 100 г. Грушовка московская – сорт русской народной селекции, высокзимостойкий, съемная зрелость плодов наступает в первой половине августа, хранятся до 12–15 дней, масса плодов до 80 г.

Золотой шип – среднерусский сорт, зимостойкий, засухоустойчивый, плоды созревают к середине августа и хранятся в среднем два месяца, масса плодов до 60 г. Медовка обладает хорошей зимостойкостью, плоды созревают в третьей декаде августа, масса плодов может достигать 80 г. Папировка – сорт прибалтийской народной селекции, среднезимостойкий, сбор плодов проводится в середине августа, хранятся 10–15 дней, масса плодов до 100 г. Антипасхальное – зимостойкий, урожайный сорт, плоды хранятся до февраля-марта, масса плодов до 80 г. Аркад зимний характеризуется достаточной зимостойкостью, период плодоношения наступает на 4–6 годы, масса плодов до 50 г. Бисмарк – сорт полученный Клэксоном в Новой Зеландии, отличается хорошей зимостойкостью, ранним образованием плодов (на второй год после посадки), плоды готовы к сбору в сентябре и хранятся до марта, масса плодов до 160 г. Генерал Орлов – сорт из европейской части России, морозостоек, созревание плодов в сентябре, хранятся до января, масса плодов до 80 г. № 22 – сорт выведен Вс. М. Крутовским, плоды созревают в сентябре, масса плодов до 50 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования явились яблони разных сортов, произрастающие в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского, который расположен в юго-западной части г. Красноярск на правом берегу реки Енисей. Данные сорта произрастают в стелющейся форме на верхней части сада (№ 5, 6, 36, 37, 48, 49, 52, 54, 54а, 65, 76, 76а) и в открытой на нижней части сада (№ 6-1, 6-3, 7-7, 9-7, 12-1, 19-8, 19-10, 21-3, 29-4).

В программу исследований входило определение количества, размеров, массы плодов на деревьях и их плодоношение.

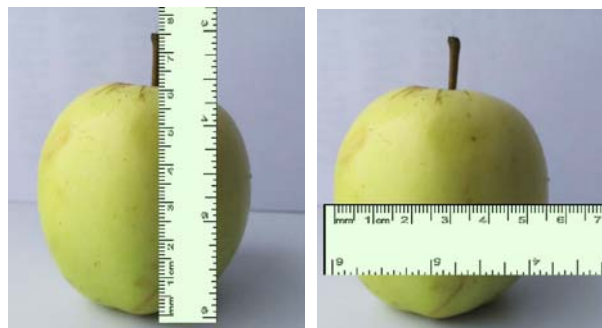


Рис. 1. Измерение высоты и диаметра плода у дерева Н7-7 сорта Аркад стаканчатый

При проведении исследований был применен метод модельных ветвей [10]. Для этого на урожайном дереве определяли количество ветвей с плодами. Затем на каждой ветви подсчитывали количество пло-

дов с определением среднего значения. Производство количества плодоносящих ветвей на число плодов указывало на плодоношение дерева.

Массу плодов определяли с использованием лабораторных весов SOEHNLE с точностью до 1 г.

Наряду с определением массы сопоставляли их биометрические показатели: высоту, диаметр каждого плода, используя линейку (см. рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели плодоношения деревьев яблони, произрастающих в стелюющей форме на верхней части Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского, приведены в табл. 1.

Плодоношение у летних сортов в стелюющей форме варьирует от 5,3 до 41,1 кг и от 2,4 до 39,4 кг – у зимних. У летних экземпляров наиболее высокий показатель наблюдается у дерева № 54а сорта Белый налив (41,1 кг) и № 54 сорта Папировка (36,3 кг). Также у выделенных сортов отмечается наибольшее количество плодов на дереве – 378 и 352 шт., соответственно. Среди зимних сортов высоким плодоношением отличились деревья № 52 сорта Антипасхальное (39,4 кг) и № 49 сорта № 22 (31,3 кг), по количеству плодов на дереве данные сорта оказались лидирующими – 483 и 552 шт., соответственно.

Плодоношение деревьев яблони, произрастающих в открытой форме на нижней части Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского приведено в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что у летних сортов открытой формы плодоношение колеблется от 2,2 до 30,4 кг, у зимних – от 10,6 до 48,1 кг. Высокие показатели имеют деревья № 7-7 сорта Аркад стаканчатый (30,4 кг, 432 шт. плодов на дереве) и № 21-3 сорта Папировка (25 кг, 374 шт. плодов на дереве). Среди зимних сортов урожайными отмечены деревья № 29-4 Бисмарк (48,1 кг, 646 шт. плодов на дереве) и № 19-8 Аркад зимний (40,7 кг, 540 шт. плодов на дереве).

Биометрические показатели плодов представлены в табл. 3.

Анализируя полученные данные видно, что высота плода у сравниваемых сортов, произрастающих в стелюющей форме, варьирует от 3,6 до 6,4 см у сортов летнего срока созревания и от 4,1 до 6,2 см у сортов зимнего срока созревания. Большую высоту плода имеют летние сорта деревьев № 37 Аркад стаканчатый и № 54а Белый налив (6,4 см), а также № 54 Папировка (6,2 см), зимние сорта – № 52 Антипасхальное (6,2 см). Диаметр плода колеблется от 4 до 7,1 см у летних сортов и от 4,8 до 5,2 см у зимних. Наибольший диаметр отмечен у летних сортов деревьев № 54а Белый налив (7,1 см) и № 54 Папировка (6,7 см), у зимних сортов – деревья № 52 и 76 Антипасхальное (5,1 и 5,2 см, соответственно).

У деревьев открытой формы летних сортов высота различается от 3,7 до 5,5 см, у зимних – от 4,6 до 5,2 см; диаметр летних сортов колеблется от 4,2 до 5,7 см, у зимних – от 5,3 до 6,1 см. Наибольшую высоту плода имеют деревья № 7-7 Аркад стаканчатый (5,5 см), № 9-7, 21-3 Папировка (4,6 см), № 12-1 Генерал Орлов (5,2 см) и № 29-4 Бисмарк (4,9 см). Наибольший диаметр отмечен у деревьев № 9-7, 21-3 Папировка (5,4 и 5,7 см, соответственно), № 12-1 Генерал Орлов (6,1 см) и № 19-8 Аркад зимний (5,7 см).

Изменчивость по массе плодов представлена в табл. 4.

Средняя масса плодов у летних сортов стелюющей формы варьирует от 31,1 до 108,7 г, у зимних – от 53,5 до 81,6 г. Наибольшая масса плодов отмечена у деревьев летних сортов № 54а Белый налив (108,7±3,08) и № 54 Папировка (103,1±4,52), у зимних сортов – № 52 Антипасхальное (81,6±0,72). Полученные данные подтверждаются статистически.

У деревьев, выращиваемых в открытой формы масса плодов летних сортов колеблется от 40,1 до 70,3 г, у зимних – от 60,3 до 80,9 г. Большими плодами отличились деревья № 7-7 Аркад стаканчатый (70,3±6,62), № 21-3 Папировка (66,8±2,80), № 12-1 Генерал Орлов (80,9±5,46), № 19-8 Аркад зимний (75,3±5,17) и № 29-4 Бисмарк (74,4±5,29).

Таблица 1

Образование плодов летних и зимних сортов яблони в стелюющей форме

Наименование сорта	Номер дерева	Среднее количе- ство плодов на ветви, шт.	Количество плодоносящих ветвей, шт.	Всего плодов		Плодоношение	
				шт.	% к X _{ср}	кг	% к X _{ср}
Летние сорта							
Аркад стаканчатый	5	11	14	154	59,1	5,3	25,7
Аркад стаканчатый	36	12	21	256	98,2	20,4	98,7
Аркад стаканчатый	37	16	18	288	110,5	26,1	126,3
Белый налив	54а	18	21	378	145,0	41,1	198,9
Грушовка московская	48	14	16	224	85,9	19,0	92,0
Золотой шип	6	13	15	195	74,8	9,7	46,9
Медовка	65	14	17	238	91,3	7,4	35,8
Папировка	54	22	16	352	135,1	36,3	175,7
Среднее значение		15	17	261	100,0	20,7	100,0
Зимние сорта							
Антипасхальное	52	21	23	483	164,3	39,4	201,0
Антипасхальное	76	7	6	42	14,3	2,4	12,2
Антипасхальное	76а	9	11	99	33,7	5,3	27,0
№ 22	49	24	23	552	187,8	31,3	159,7
Среднее значение		15	16	294	100,0	19,6	100,0

Таблица 2

Образование плодов летних и зимних сортов яблони в открытой форме

Наименование сорта	Номер деревя	Среднее количе- ство плодов на ветви, шт.	Количество плодоносящих ветвей, шт.	Всего плодов		Плодоношение	
				шт.	% к X _{ср}	кг	% к X _{ср}
Летние сорта							
Аркад стаканчатый	7-7	16	27	432	142,1	30,4	165,8
Золотой шип	6-1	13	30	390	128,3	16,7	91,1
Золотой шип	6-3	6	9	54	17,8	2,2	12,0
Папировка	9-7	15	18	270	88,8	17,4	94,9
Папировка	21-3	17	22	374	123,0	25	136,3
Среднее значение		13	21	304	100	18,34	100
Зимние сорта							
Аркад зимний	19-8	27	20	540	129,0	40,7	130,6
Аркад зимний	19-10	11	16	176	42,1	10,6	34,0
Бисмарк	29-4	19	34	646	154,4	48,1	154,3
Генерал Орлов	12-1	12	26	312	74,6	25,3	81,2
Среднее значение		17	24	419	100	31,2	100

Таблица 3

Показатели плодов летних и зимних сортов яблони

Наименование сорта	Номер дерева	Высота		Диаметр	
		см	% к X_{cp}	см	% к X_{cp}
Стелющаяся форма					
Летние сорта					
Аркад стаканчатый	5	3,6	69,1	4,2	76,7
Аркад стаканчатый	36	5,9	113,2	5,5	100,5
Аркад стаканчатый	37	6,4	122,8	5,7	104,1
Белый налив	54a	6,4	122,8	7,1	129,7
Грушовка московская	48	5,1	97,8	5,8	105,9
Золотой шип	6	4,4	84,4	4,8	87,7
Медовка	65	3,7	71,0	4,0	73,1
Папировка	54	6,2	118,9	6,7	122,4
Среднее значение		5,2	100,0	5,5	100,0
Зимние сорта					
Антипасхальное	52	6,2	121,6	5,1	102,0
Антипасхальное	76	4,7	92,2	5,2	104,0
Антипасхальное	76a	4,1	80,4	4,9	98,0
№ 22	49	5,4	105,9	4,8	96,0
Среднее значение		5,1	100,0	5,0	100,0
Открытая форма					
Летние сорта					
Аркад стаканчатый	7-7	5,5	122,8	5,1	102,0
Золотой шип	6-1	4,0	89,3	4,6	92,0
Золотой шип	6-3	3,7	82,6	4,2	84,0
Папировка	9-7	4,6	102,7	5,4	108,0
Папировка	21-3	4,6	102,7	5,7	114,0
Среднее значение		4,5	100,0	5,0	100,0
Зимние сорта					
Аркад зимний	19-8	4,6	94,4	5,7	101,3
Аркад зимний	19-10	4,8	98,5	5,3	94,2
Бисмарк	29-4	4,9	100,5	5,4	96,0
Генерал Орлов	12-1	5,2	106,7	6,1	108,4
Среднее значение		4,9	100,0	5,6	100,0

Таблица 4

Изменчивость массы плодов летних и зимних сортов яблони

Наименование сорта	Номер дерева	$X_{cp} \pm m$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,89$
Стелющаяся форма						
Летние сорта						
Аркад стаканчатый	5	34,6 $\pm$ 2,55	5,70	16,5	7,4	18,53
Аркад стаканчатый	36	79,7 $\pm$ 3,73	8,33	10,5	4,7	6,00

Окончание таблицы 4

Наименование сорта	Номер дерева	$X_{cp} \pm m$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,89$
Аркад стаканчатый	37	90,5±4,27	9,56	10,6	4,7	3,46
Белый налив	54a	108,7±3,08	6,88	6,3	2,8	–
Грушовка московская	48	84,7±7,53	16,83	19,9	8,9	2,95
Золотой шип	6	49,6±1,04	2,32	4,7	2,1	18,18
Медовка	65	31,1±1,46	3,27	10,5	4,7	22,77
Папировка	54	103,1±4,52	10,10	9,8	4,4	1,02
Зимние сорта						
Антипасхальное	52	81,6±0,72	1,60	2,0	0,9	–
Антипасхальное	76	58,1±3,81	8,51	14,6	6,6	6,06
Антипасхальное	76a	53,5±2,15	4,80	9,0	4,0	12,39
№ 22	49	56,3±1,57	3,52	6,3	2,8	14,65
Открытая форма						
Летние сорта						
Аркад стаканчатый	7-7	70,3±6,62	14,81	21,1	9,4	–
Золотой шип	6-1	42,9±4,02	9,00	21,0	9,4	3,54
Золотой шип	6-3	40,1±2,57	5,75	14,3	6,4	4,25
Папировка	9-7	64,3±3,01	6,73	10,5	4,7	0,83
Папировка	21-3	66,8±2,80	6,26	9,4	4,2	0,49
Зимние сорта						
Аркад зимний	19-8	75,3±5,17	11,56	15,3	6,9	0,74
Аркад зимний	19-10	60,3±4,07	9,11	15,1	6,8	3,02
Бисмарк	29-4	74,4±5,29	11,82	15,9	7,1	0,85
Генерал Орлов	12-1	80,9±5,46	12,20	15,1	6,7	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были отобраны деревья для дальнейшего их использования при гибридизации с целью выведения сортов, отличающихся повышенной урожайностью: № 29-4 Бисмарк (48,1 кг), № 54a Белый налив (41,1 кг), № 19-8 Аркад зимний (40,7 кг) и № 52 Антипасхальное (39,4 кг).

Для выведения крупноплодных сортов рекомендованы деревья: № 54a Белый налив (108,7 г), № 54 Папировка (103,1 г), № 52 Антипасхальное (81,6 г), № 12-1 Генерал Орлов (80,9 г), № 19-8 Аркад зимний (75,3 г), № 29-4 Бисмарк (74,4 г), № 7-7 Аркад стаканчатый (70,3 г). Большую ценность представляют экземпляры, сочетающие в себе два показателя: урожайность и массу плодов: № 52 Антипасхальное, № 54a Белый налив и № 12-1 Генерал Орлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

- Безуглова О. С., Вальков В. Ф. Яблоня и груша: экология, агротехника, переработка // Серия «Подворье». Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 384 с.
- Братилова Н. П., Герасимова О. А., Моксина Н. В. Биологическая продуктивность крупноплодных сортов яблони, выращиваемой в открытой и стелющейся форме в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского / СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2023. 120 с.
- Григорьева С. О., Матвеева Р. Н. Изменчивость показателей 11-летнего гибридного потомства яблони при контролируемом скрещивании // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2023. Т. 26. С. 49–51.
- Еремин В. Г., Еремин Г. В. Генетические коллекции косточковых плодовых культур и их использование для ускорения процесса селекции // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 30. С. 15–24.
- Колесникова В. Л., Кузьмина Е. М. Садоводство Сибири : учеб. пособие. Красноярск : КрасГАУ, 2006. 324 с.
- Макаревич А. И., Кузнецов Р. В., Вахненко Д. В. Сорт плодовых и ягодных культур. Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. 288 с.
- Макаренко С. А., Котов Л. А. Декоративная яблоня на Урале и в Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 179, № 4. С. 17–27.
- Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Сапрунова Н. Н. Изменчивость, гибридизация и размножение яблони разных сортов в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского. Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2016. 209 с.
- Моксина Н. В. Периодичность плодоношения сортов яблони селекции И. В. Мичурина в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2018. Т. 21. С. 148–151.
- Уборка, товарная обработка и хранение плодов // Слаборослый интенсивный сад / В. А. Потапов, А. С. Ульянцев, Ю. В. Крысанов [и др.]. Москва : Росагропромиздат, 1991. С. 202–210.
- Раченко М. А., Раченко А. М. Генетическая коллекция яблони СИФИБР СО РАН: состояние и перспективы использования // Труды Кубанского гос. аграр. ун-та. 2018. № 73. С. 174–179.
- Репях М. В. Изменчивость массы плодов летних сортов яблони, растущих на нижней террасе Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского // Плодоводство и ягодоводство России. 2023. Т. 72. С. 50–55.

13. Репях М. В., Григорьева С. О. Плодоношение яблони на нижней террасе Ботанического сада им. Вс. М. Кротовского в 2018 г. // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2020. Т. 23. С. 99–102.

14. Савельева Н. Н., Земисов А. С. Цветение и продуктивность некоторых сортов яблони в садах Селекционно-генетического центра ФНЦ им. И. В. Мичурина // Мичуринские чтения «Актуальные проблемы и перспективы развития генетики и селекции плодовых и ягодных культур». 2023, Т. XXVIII. С. 144–150.

15. Симаков Н.С. Садоводство в Сибири. Красноярск, 1948. 174 с.

16. Фещенко Е. М. Современные направления и перспективы селекции яблони (*Malus Mill.*) в России: обзор // Плодоводство и ягодоводство России. 2023. Т. 74. С. 7–23.

17. Volk G. M., Bramel P. Apple genetic resources: Diversity and conservation // *The Apple Genome*. 2021. С. 33–45.

18. Volk G. M. Botany, taxonomy, and origins of the apple // *The Apple Genome*. 2021. С. 19–32.

REFERENCES

1. Bezuglova O. S., Val'kov V. F. Yablonya i grusha: ekologiya, agrotehnika, pererabotka // *Seriya "Podvor'ye"*. Rostov-na-Donu: Feniks, 2001. 384 s.

2. Bratilova N. P., Gerasimova O. A., Moksina N. V. Biologicheskaya produktivnost' krupnoplodnykh sortov yabloni, vyrashchivayemoy v otkrytoy i stelyushcheysya forme v Botanicheskom sadu im. Vs. M. Krutovskogo / SibGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2023. 120 s.

3. Grigor'yeva S. O., Matveyeva R. N. Izmenchivost' pokazateley 11-letnego gibridnogo potomstva yabloni pri kontroliruyemom skreshchivanii // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*. 2023. Т. 26. С. 49–51.

4. Eremin V. G., Eremin G. V. Geneticheskiye kollektsii kostochkovykh plodovykh kul'tur i ikh ispol'zovaniye dlya uskoreniya protsessa selektsii // *Nauchnyye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya*. 2020. Т. 30. С. 15–24.

5. Kolesnikova V. L., Kuz'mina E. M. Sadovodstvo Sibiri : uchebnoye posobiye. Krasnoyarsk : KrasGAU, 2006. 324 s.

6. Makarevich A. I., Kuznetsov R. V., Vakhnenko D. V. Sort plodovykh i yagodnykh kul'tur. Rostov-na-Donu : Feniks, 2005. 288 s.

7. Makarenko S. A., Kotov L. A. Dekorativnaya yablonya na Urale i v Sibiri // *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2019. Т. 179, № 4. С. 17–27.

8. Matveyeva R. N., Butorova O. F., Saprunova N. N. Izmenchivost', gibridizatsiya i razmnozheniye yabloni raznykh sortov v Botanicheskom sadu im. Vs. M. Krutovskogo. Krasnoyarsk : SibGU im. M. F. Reshetneva, 2016. 209 s.

9. Moksina N. V. Periodichnost' plodonosheniya sortov yabloni selektsii I. V. Michurina v Botanicheskom sadu im. Vs. M. Krutovskogo // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*. 2018. Т. 21. С. 148–151.

10. Uborka, tovarnaya obrabotka i khraneniye plodov // *Slaboslyy intensivnyy sad / V. A. Potapov, A. S. Ul'yanitsev, Yu. V. Krysanov [i dr.]*. Moskva : Rosagropromizdat, 1991. С. 202–210.

11. Rachenko M. A., Rachenko A. M. Geneticheskaya kollektsiya yabloni SIFIBR SO RAN: sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 73. С. 174–179.

12. Repyakh M. V. Izmenchivost' massy plodov letnykh sortov yabloni, rastushchikh na nizhney terrase Botanicheskogo sada im. Vs. M. Krutovskogo // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2023. Т. 72. С. 50–55.

13. Repyakh M. V., Grigor'yeva S. O. Plodonosheniye yabloni na nizhney terrase Botanicheskogo sada im. Vs. M. Krutovskogo v 2018 g. // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*. 2020. Т. 23. С. 99–102.

14. Savel'yeva N. N., Zemisov A. S. Tsvetenkiye i produktivnost' nekotorykh sortov yabloni v sadakh Seleksionno-geneticheskogo tsentra FNTs im. I. V. Michurina // *Michurinskiye chteniya "Aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya genetiki i selektsii plodovykh i yagodnykh kul'tur"*. 2023, Т. XXVIII. С. 144–150.

15. Simakov N.S. Sadovodstvo v Sibiri. Krasnoyarsk, 1948. 174 s.

16. Feshchenko E. M. Sovremennyye napravleniya i perspektivy selektsii yabloni (*Malus Mill.*) v Rossii: obzor // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2023. Т. 74. С. 7–23.

17. Volk G. M., Bramel P. Apple genetic resources: Diversity and conservation // *The Apple Genome*. 2021. С. 33–45.

18. Volk G. M. Botany, taxonomy, and origins of the apple // *The Apple Genome*. 2021. С. 19–32.

Финансирование: Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Селекция древесных растений» проекта «Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)» (№ FEFE-2024-0013).

© Григорьева С. О., Матвеева Р. Н., Моксина Н. В., Коломыцев М. В., 2024

**ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТРАНСФОРМАЦИИ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ****И. С. Коновалова¹, Д. Ю. Коновалов², Д. Н. Клевцов³**

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
Российская Федерация, 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17
E-mail: ¹i.konovalova@narfu.ru, ²d.konovalov@narfu.ru, ³d.klevtsov@narfu.ru

Аннотация: Выявление количественной и качественной трансформации растений напочвенного покрова под влиянием изменений условий экотопа в процессе роста и развития древостоя имеет большое значение для определения путей восстановления лесных фитоценозов. На данном этапе у лесоводов нет сомнений в необходимости фитоценотического подхода к изучению культурфитоценозов природно-антропогенного происхождения как сложной биологической системы.

Цель исследований заключалась в изучении динамики формирования живого напочвенного покрова обработанной почвы лесных культур в условиях северной части Восточно-Европейской равнины.

Объектами исследования являются культурфитоценозы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) 2000–2001 гг. создания.

В ходе исследований определено, что способ обработки почвы влияет на разнообразие лесных видов в напочвенном покрове. Формирование микроповышений почвы плугом ПЛД-1,2 приводит к существенному сокращению лесной группы растений по сравнению с участками, обработанными плугом ПЛП-135. Наибольшие изменения в живом напочвенном покрове выявлены на участке реконструкции лиственного молодняка с обработкой почвы ПЛП-135.

В результате исследований пришли к выводу, что происходит постепенное вытеснение луговых видов растений активной лесной группой. В большей степени изменения происходят за счет сокращения менее устойчивых неактивных и малоактивных видов, таким образом, происходит трансформации эколого-ценотической структуры флоры после антропогенного нарушения в направлении восстановления исходной структуры лесной среды.

Ключевые слова: лесные культуры, напочвенный покров, фитоценоз, активность видов, эколого-ценотическая структура, обработка почвы.

*Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 71–78***PHYTOCENOTIC APPROACH TO ASSESSING THE TRANSFORMATION OF FOREST CROPS
IN THE NORTHERN PART OF THE EAST EUROPEAN PLAIN****I. S. Konovalova¹, D. Yu. Konovalov², D. N. Klevtsov³**

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
17, Severnaya Dvina Emb., 163002, Arkhangelsk, Russian Federation
E-mail: ¹i.konovalova@narfu.ru, ²d.konovalov@narfu.ru, ³d.klevtsov@narfu.ru

Abstract: Identification of quantitative and qualitative transformation of ground cover plants under the influence of changes in ecotope conditions during the growth and development of a stand is of great importance for determining ways to restore forest phytocenoses. At this stage, foresters have no doubts about the need for a phytocenotic approach to the study of phytocenoses of natural and anthropogenic origin as a complex biological system.

The purpose of the research was to study the dynamics of the formation of living ground cover of cultivated soil of forest crops in the northern part of the East European Plain.

The objects of the study are forest crops of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) H. Karst. of 2000–2001 years creation.

It is noted that tillage significantly affects the diversity of forest species in the ground cover. Tillage with the PLD-1,2 plough leads to a significant reduction in the forest group of plants compared to areas treated with the PLP-135 plough. The greatest changes in the living ground cover were revealed at the site of reconstruction of deciduous young growth with soil treatment by PLP-135.

As a result of the research, it was concluded that there is a gradual displacement of meadow species by an active forest group of plants. To a greater extent, changes occur due to the reduction of less stable inactive and low-active species, thus, the transformation of the ecological and cenotic structure of the flora occurs after anthropogenic disturbance in the direction of restoring the original structure of the forest environment.

Keywords: forest crops, ground cover, phytocenosis, species activity, ecological and cenotic structure, tillage.

ВВЕДЕНИЕ

Изменения, происходящие в растительном покрове древостоев различного происхождения, интересуют лесоводов с начала XX века [1–5].

При глобальных антропогенных нарушениях флористический состав, который считается важнейшим признаком растительных сообществ, первым реагирует на изменения окружающей среды [6–10]. Растительное сообщество лесных культур закономерным образом проходит через определенные стадии развития, формируя напочвенную структуру, позволяющую наиболее продуктивно использовать ресурсы среды для обеспечения своего развития. Ход сукцессии и время возврата к исходному лесорастительному сообществу зависят от степени начального нарушения экосистемы. Чем масштабнее нарушения лесного биогеоценоза, тем сильнее отливается образующийся фитоценоз от исходного.

Основные площади лесокультурного фонда северной части Восточно-Европейской равнины находятся в типах леса, отличающихся мощным травяным покровом. По мнению многих авторов [4; 5; 11–14], в европейской части таежной зоны устранение травяного покрова является основной задачей обработки почвы на вырубках в ельниках и сосняках кисличного, черничного, брусничного типов леса и в ряде типов широколиственных лесов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамика разрастания травянистой растительности лесных культур, созданных по пластам (плуг ПЛП-135) и микроповышениям (плуг ПЛД-1,2), изучалась в Каргопольском лесничестве Архангельской области в условиях дренированных почв.

Объектами служили культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), созданные на вейниковой вырубке изпод сосняка кисличного в 2000–2001 гг.

Количественный анализ флоры или парциальная активность видов (ПарцА) оценивалась на основании методических подходов Б. А. Юрцева [15]. Для характеристики уровня засоренности применяли проективные визуальные методы оценки, предложенные О. Друде, Т. А. Работновым [16]. В основу фитоценотической классификации активности видов растений (ФитоА) по широте эколого-ценотической амплитуды легли геоботанические исследования Ж. Braun-Blanquet, Б. А. Юрцева, В. В. Петровского, Я. П. Дидуха и других авторов [17–22].

На основе проведенного анализа методических подходов к определению активности видов напочвенного покрова культурфитоценозов в работе была предложена и использована адаптированная классификация активности растений [23].

Ландшафтная активность (ЛандА) определена путем суммированных парциальных оценок с учетом широты эколого-ценотической амплитуды:

$$\text{Ланд}A_i = \frac{\sum_{j=1}^N (\text{Фито}A_{ij} + \text{Парц}A_{ij})}{N}, \quad (1)$$

$$\text{Парц}A_i = \frac{\sum_{j=1}^N (P_{ij} + O_{ij})}{N}, \quad (2)$$

где ЛандА_{*i*} – ландшафтная активность *i*-го вида (балл); ФитоА_{*ij*} – балл фитоценотической активности *i*-го вида *j*-м описании; ПарцА_{*ij*} – балл парциальной активности *i*-го вида в *j*-м описании; Р_{*ij*} – балл постоянства *i*-го вида в *j*-м описании; О_{*ij*} – балл обилия *i*-го вида в *j*-м описании; N – число описаний.

Таким образом, при распределении видов в группы ландшафтной активности учитывали показатели парциальной активности, такие как постоянство и обилие видов, а также фитоценотическую значимость растений (рис. 1).

Методика определения расчетных эколого-ценотических характеристик видов состояла из двух этапов. Сначала для каждого геоботанического описания определяли ландшафтную активность вида, затем рассчитывали значимость искомого параметра с учетом коэффициента ландшафтной активности видов (ЛандА).

В дальнейшем для визуального отображения полученных данных строились графические модели – полиграммы, вершинами которых являются рассчитанные значения баллов в соответствии с классификацией активности растений.

Полученные материалы подвергнуты статистическому, кластерному анализу с использованием программно-аппаратных комплексов MS Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Относительно дренированные почвенные условия способствуют высокому видовому разнообразию травянистой растительности. Показатели флористического богатства и систематического разнообразия живого напочвенного покрова в зависимости от обработки почвы отражены в табл. 1.

Видовая насыщенность (среднее число видового богатства) растительного сообщества (39 видов) лесных культур сосны в фазе смыкания варьирует в зависимости от обработки почвы и составляет в среднем на участке 25...30 видов. Основу живого напочвенного покрова составляют луговые травы (21 вид, 54 %), 13 типично лесных видов растений (34 %), незначительное участие (6 %) сорно-рудеральных видов (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Urtica dioica* L.) и на долю мхов приходится 6 % (2 вида – *Polytrichum commune* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.).

К 14-летнему возрасту в сосновых древостоях образовалось сообщество с доминированием луговых (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv., *Trifolium pratense* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub., *Viola canina* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Equisetum arvense* L., *Poa pratensis* L., *Vicia sylvatica* L., *Hypericum perforatum* L.) и небольшого числа лесных видов (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Rubus saxatilis* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Avenella flexuosa* L.), относящихся к 1...2 классам ландшафтной активности. Таким образом, на ранних стадиях сукцессии формируются сообщества растений различной высоты и морфологии, способные максимально использовать световой ресурс.

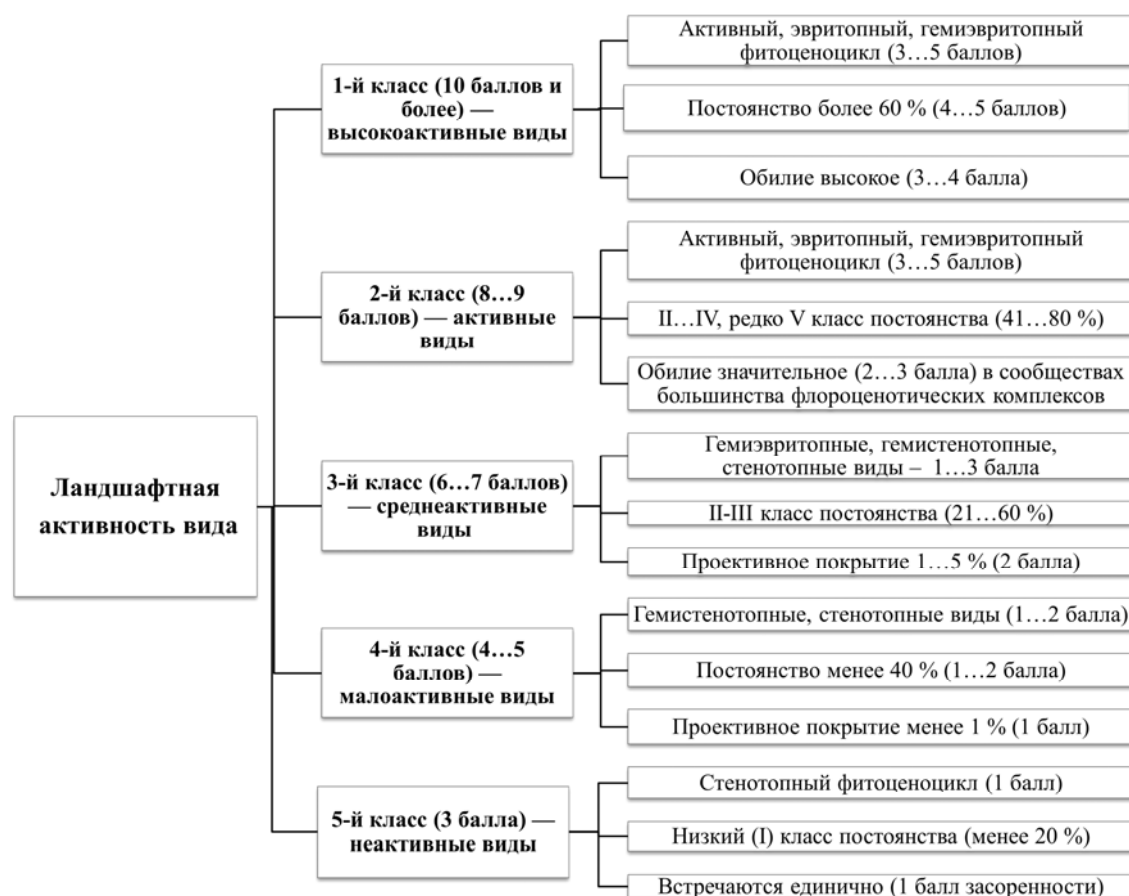


Рис. 1. Классификация ландшафтной активности видов растений

Таблица 1

Показатели флористического богатства и систематического разнообразия растительных сообществ в фазе смыкания/в фазе чащи лесных культур

Показатели флористического богатства и систематического разнообразия	Участок № 1. Обработка почвы ПЛП-135			Участок № 2. Обработка почвы ПЛД-1,2			Участок № 3. Реконструкция. Обработка почвы ПЛП-135		
	сосна	ель	всего	сосна	ель	всего	сосна	ель	всего
Число видов	<u>30</u> 22	<u>26</u> 22	<u>39</u> 35	<u>25</u> 21	<u>31</u> 26	<u>32</u> 36	<u>29</u> —	<u>29</u> 16	<u>36</u> 16
Число родов	<u>27</u> 21	<u>25</u> 21	<u>35</u> 34	<u>22</u> 20	<u>28</u> 24	<u>28</u> 31	<u>32</u> —	<u>27</u> 15	<u>32</u> 15
Число семейств	<u>21</u> 17	<u>17</u> 17	<u>23</u> 24	<u>17</u> 18	<u>19</u> 18	<u>20</u> 23	<u>24</u> —	<u>22</u> 13	<u>24</u> 13
Среднее число видов в семействе (в/с)	<u>1,43</u> 1,29	<u>1,53</u> 1,29	<u>1,70</u> 1,46	<u>1,47</u> 1,17	<u>1,63</u> 1,44	<u>1,60</u> 1,57	<u>1,31</u> —	<u>1,32</u> 1,23	<u>1,50</u> 1,23
Среднее число родов в семействе (р/с)	<u>1,29</u> 1,24	<u>1,47</u> 1,24	<u>1,52</u> 1,42	<u>1,29</u> 1,11	<u>1,47</u> 1,33	<u>1,40</u> 1,35	<u>1,23</u> —	<u>1,23</u> 1,15	<u>1,33</u> 1,15
Среднее число видов в роде (в/р)	<u>1,11</u> 1,05	<u>1,04</u> 1,05	<u>1,11</u> 1,03	<u>1,14</u> 1,05	<u>1,11</u> 1,08	<u>1,14</u> 1,16	<u>1,07</u> —	<u>1,07</u> 1,07	<u>1,13</u> 1,07

Напочвенный покров лесных культур ели в фазе смыкания также представлен в основном луговыми травами (всего 39 видов) и варьирует в зависимости от обработки почвы от 25 до 31 вида. Высокая амплитуда температурных колебаний, воздействие освещенности способствует развитию светолюбивых луговых видов (24; 61 %), тогда как на долю типично лесных видов приходится только 27 % (11 видов). Отмечена небольшая доля (6 %) малолетних видов (*Campanula patula* L., *Melampyrum pratense* L.), сорно-

рудеральных (6 %) (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Urtica dioica* L.), а также 2 вида (6 %) мхов (*Polytrichum commune* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.).

Анализ ценофлоры лесных культур показал, что обработка почвы существенно влияет на разнообразие лесных видов в напочвенном покрове. Обработка почвы плугом ПЛД-1,2 приводит к существенному сокращению лесной группы растений по сравнению с участками, обработанными плугом ПЛП-135 (рис. 2).

В большей степени различие обусловлено отсутствием неактивных видов. К фазе чащи лесных культур количество лесных видов заметно возросло при обработке почвы ПЛД-1,2 (в 2 раза) (рис. 3). Для луговых видов можно отметить отсутствие существенных различий в зависимости от способа обработки почвы по количественным и качественным показателям активности (рис. 4, 5).

Происходит постепенное вытеснение луговых видов активной группой лесных растений. В большей степени изменения происходят за счет сокращения менее устойчивых неактивных и малоактивных видов, таким образом, происходит трансформация экологическо-ценотической структуры флоры после антропогенного нарушения в направлении восстановления исходной структуры лесной среды.

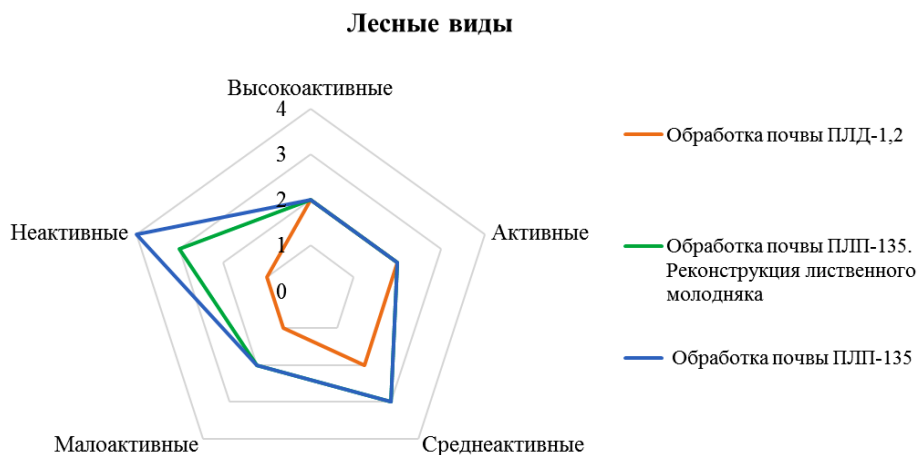


Рис. 2. Полиграммы активности лесных видов ценофлоры лесных культур в фазе смыкания

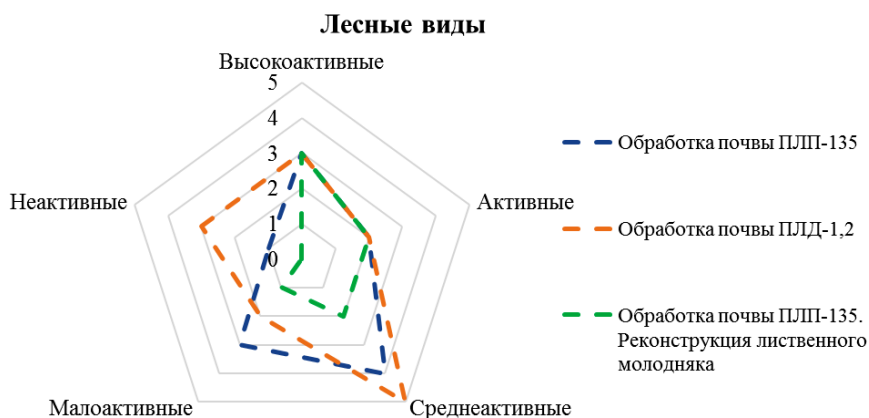


Рис. 3. Полиграммы активности лесных видов ценофлоры лесных культур в фазе чащи

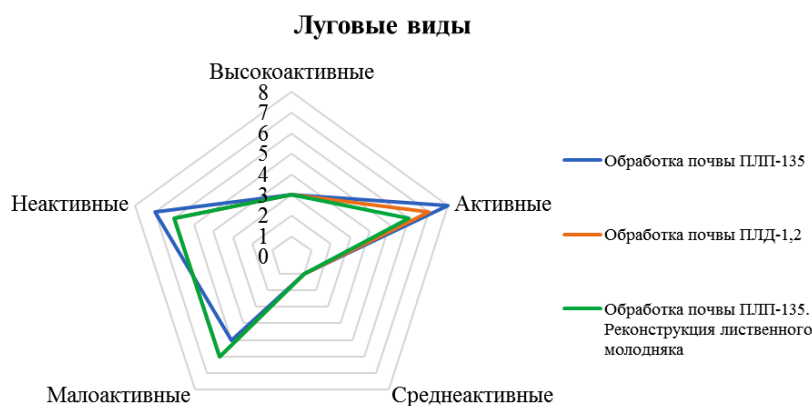


Рис. 4. Полиграммы активности луговых видов ценофлоры лесных культур в фазе смыкания

Фаза чащи лесных культур характеризуется полным смыканием кроны искусственного хвойного молодняка, при котором микроценотическое разнообразие приближается к лесным участкам, значительно увеличивая долю лесных видов (*Oxalis acetosella* L., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Trientalis europaea* L., *Equisetum sylvaticum* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Paris quadrifolia* L., *Fragaria vesca* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Pyrola rotundifolia* L., *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop., *Crepis paludosa* (L.) Moench и др.), при этом снижается активность луговых трав (*Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca pratensis* Huds., *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Achillea millefolium* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Taraxacum officinale* Wigg. и др.) (рис. 6). Отмечено постепенное восстановление мохово-лишайникового яруса за счет таких видов, как *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Polytrichum commune* Hedw., *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. Видовая насыщенность растительного сообщества лесных культур сосны и ели в фазе чащи в зависимости от способа обработки почвы составляет в среднем 16...26 видов.

Особенно сильные изменения в соотношении видов напочвенного покрова произошли на участке реконструкции лиственного молодняка (различия достоверны на уровне значимости 0,05). За 8 лет доля высокоактивных лесных видов увеличилась в 2 раза (рис. 7).

Значительное разрастание таких видов как *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Rubus saxatilis* L., *Rubus idaeus* L. привело к снижению общего видового разнообразия фитоценоза (до 16 видов), при этом значительно уменьшилось покрытие временными луговыми травами. Активно вегетируют в затемненных местах теневыносливые виды *Pyrola rotundifolia* L., *Oxalis acetosella*, *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Crepis paludosa* (L.) Moench. и зеленые мхи *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Таким образом, влияние изменений, вызываемых обработкой почвы, наблюдается 15–20 лет, что подтверждается другими исследованиями [24]. Необходимо заметить, что все отмеченные тенденции динамики флористического состава растений травяно-кустарничкового и мохового ярусов под влиянием различных условий касались по большей части неактивных видов.

Луговые виды

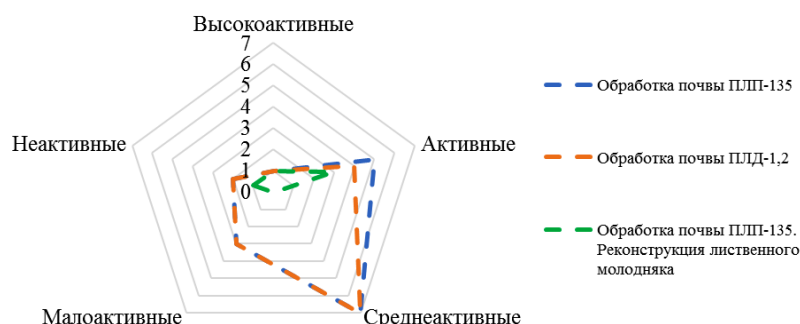


Рис. 5. Полиграммы активности луговых видов ценофлоры лесных культур в фазе чащи

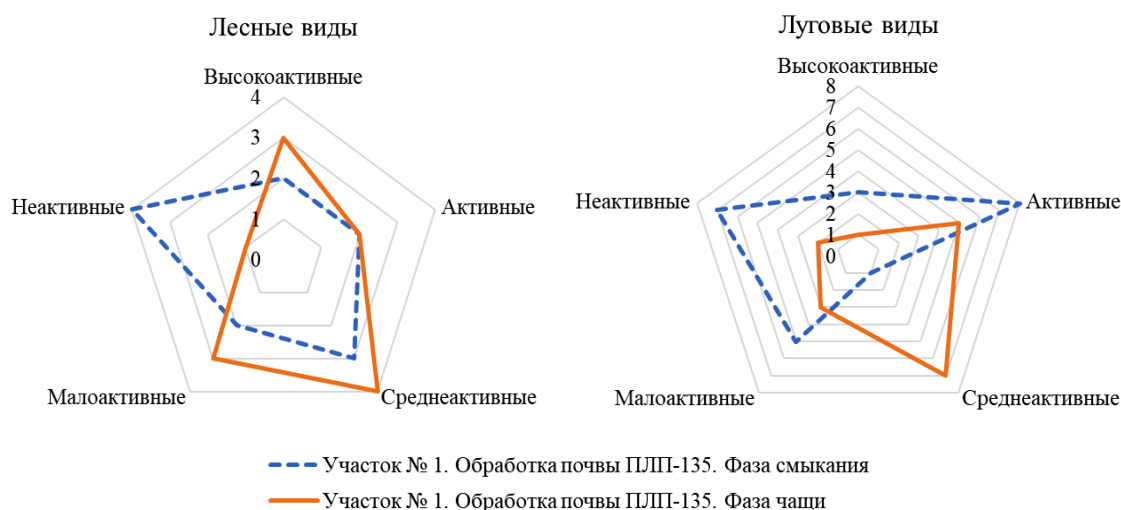


Рис. 6. Полиграммы активности луговых и лесных видов ценофлоры лесных культур в зависимости от обработки почвы (Начало)

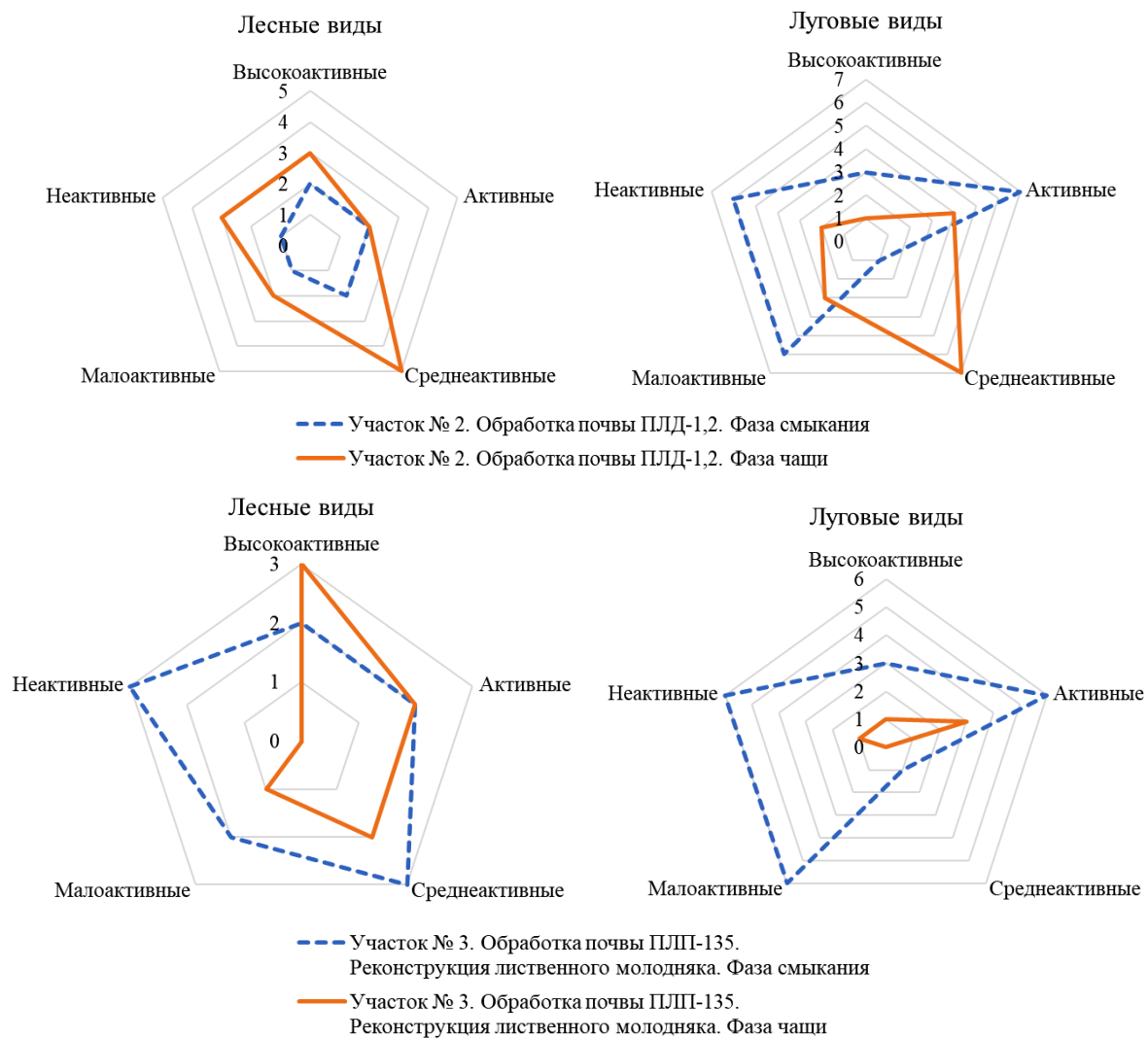


Рис. 6. Окончание

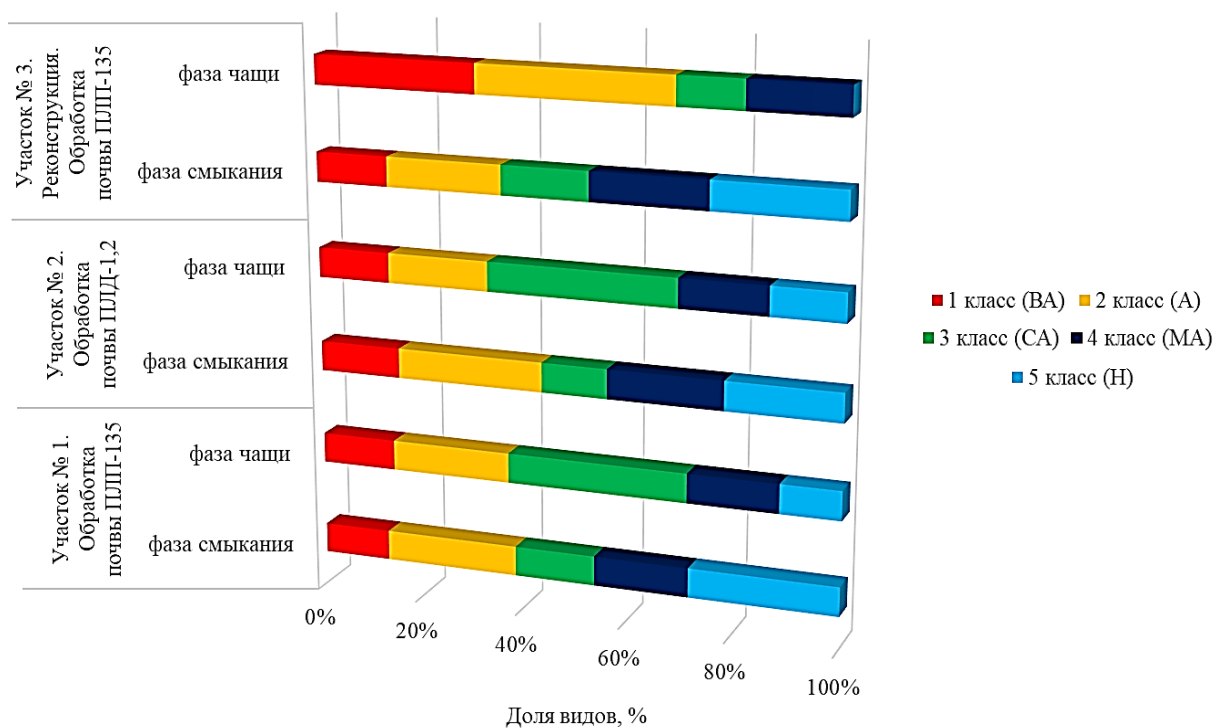


Рис. 7. Доля видов напочвенного покрова лесных культур по классам ландшафтной активности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменения почвенных условий, вызванные различиями в обработке почвы, сказываются на структуре растительных сообществ. Использование при обработке дренированных почв орудий, формирующих микроповышения из засоренного семенами травянистой растительности перегнойно-аккумулятивного горизонта, способствует интенсивному зарастанию участков светлюбивой луговой растительностью на начальных этапах формирования культурфитоценозов. При этом происходит угнетение типично лесных видов растений. Таким образом, влияние почвенной обработки на динамику формирования растительности прослеживается до момента смыкания полога древостоя.

Особенно сильные изменения в составе и структуре живого напочвенного покрова под влиянием древесного яруса прослеживаются на участке реконструкции листовенного молодняка. В результате уменьшения светового довольствия происходят следующие изменения: сокращается общее количество видов растений; в 4 раза уменьшается доля луговой растительности; в 2 раза возрастает доля высокоактивных лесных видов.

Выявленные закономерности изменения растительного покрова с возрастом лесных культур и особенности флоры, формируемой при различной обработке почвы, дают основания судить о существенности трансформации эколого-ценотической структуры флоры после антропогенного нарушения в направлении восстановления исходной структуры лесной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Любименко В. Н. К вопросу о сорной растительности сплошных вырубок // Сельское хозяйство и лесоводство. 1902. Т. 205, № 5. С. 290–341.
2. Тольский А. П. Живой покров в лесном хозяйстве // Частное лесоводство. Основы лесокультурного дела. Ч. III. Лесные культуры. Л., 1930. С. 258–287.
3. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. М.-Л. : Гослесбуиздат, 1949. 455 с.
4. Огиевский В. В., Хиров А. А. Обследование и исследование лесных культур: методическое пособие. М. : Лесная промышленность, 1964. 51 с.
5. Огиевский В. В., Медведева А. А. Основы агротехники лесных культур в лесах Западной Сибири. Красноярск, 1969. 172 с.
6. Астрологова Л. Е. Влияние обработки почвы на развитие растений напочвенного покрова и естественного возобновления // Актуальные проблемы рационального использования природных и энергетических ресурсов Европейского Севера: сб. науч. трудов. Архангельск, 1994. С. 7–10.
7. Астрологова Л. Е., Бабич Н. А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на состав живого напочвенного покрова в культурах сосны // Экологические проблемы Севера : Межвузовский сб. науч. трудов. Архангельск : СОЛТИ, 1998. С. 5–8.
8. Сунгурова Н. Р. Изменение видового состава живого напочвенного покрова в культурах // Экологические проблемы севера: межвузовский сборник научных трудов. Архангельск, 2005. Вып. 8. С. 103–106.

9. Крышень А. М. Растительные сообщества вырубок Карелии. М. : Наука, 2006. 262 с.

10. Уланова Н. Г. Механизмы сукцессий растительности сплошных вырубок в ельниках Южной тайги // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2007. С. 198–211.

11. Декатов Н. Е. Химические меры борьбы с сорняками в лесном хозяйстве. М.-Л. : Гослесбуиздат, 1947. 136 с.

12. Калинин А. Ф. Зарастание пластов древесной и травянистой растительностью на свежих вырубках после обработки почвы плугами ПЛН106/126 и ЛКА-2 // Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству. Л. : ЛенНИИЛХ, 1964. Вып. 8. С. 120–142.

13. Стратонович А. И. Лесные культуры таежной зоны. М. : Лесная промышленность, 1966. 161 с.

14. Бельков В. П., Омеляненко А. Я., Мартынов А. Н. Регулирование травяного покрова в лесу. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 112 с.

15. Юрцев Б. А., Петровский В. В. Флора Сунтар-Хаята: Проблемы истории высокогорных ландшафтов Северо-Востока Сибири. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. 235 с.

16. Работнов Т. А. Фитоценология. М. : Изд-во МГУ, 1978. 384 с.

17. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien-New York, 1964. 865 p. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2>.

18. Юрцев Б. А., Петровский В. В. Об индикационном значении флористических комплексов на Северо-Востоке СССР // Теоретические вопросы фитоиндикации. Л., 1971. С. 15–31.

19. Юрцев Б. А. Использование индексов региональной встречаемости и региональной активности для ботанико-географического анализа растительного покрова. Ботанический журнал. 2006. Т. 91, № 3. С. 375–391.

20. Булохов А. Д., Семенищенков Ю. А., Панасенко Н. Н., Харин А. В. Фитоценологические связи как критерий сохранения редких видов региональной флоры // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2016. № 1(7). С. 10–22.

21. Дидух Я. П. Проблемы активности видов растений // Ботанический журнал. 1982. Т. 67, № 7. С. 925–935.

22. Палкина Т. А. Флористический состав сорного компонента агроценозов на территории Рязанской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. Вып. 4. С. 44–55.

23. Коновалова И. С., Коновалов Д. Ю. Динамика живого напочвенного покрова на начальных этапах формирования лесных культур средней подзоны тайги // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 2. С. 27–37. DOI 10.18698/2542-1468-2023-2-27-37.

24. Варфоломеев Л. А., Сунгуров Р. В. Почвенная экология лесных культур на Севере. Архангельск, 2007. 291 с.

REFERENCES

1. Lyubimenko V. N. K voprosu o sornoj rastitel'nosti sploshny'x vy'rubok // Sel'skoe khozyajstvo i lesovodstvo. 1902. T. 205, № 5. S. 290–341.

2. Tol'skij A. P. Zhivoj pokrov v lesnom xozyajstve // Chastnoe lesovodstvo. Osnovy' lesokul'turnogo dela. Ch. III. Lesny'e kul'tury'. L., 1930. S. 258–287.
3. Morozov G. F. Uchenie o lese. M.-L. : Goslesbumizdat, 1949. 455 s.
4. Ogievskij V. V., Xirov A. A. Obsledovanie i issledovanie lesny'x kul'tur: metodicheskoe posobie. M. : Lesnaya promy'shlennost', 1964. 51 s.
5. Ogievskij V. V., Medvedeva A. A. Osnovy' agrotehniki lesny'x kul'tur v lesax Zapadnoj Sibiri. Krasnoyarsk, 1969. 172 s.
6. Astrologova L. E. Vliyanie obrabotki pochvy' na razvitie rastenij napochvennogo pokrova i estestvennogo vozobnovleniya // Aktual'ny'e problemy' racional'nogo ispol'zovaniya prirodny'x i e'nergeticheskix resursov Evropejskogo Severa: sb. nauch. trudov. Arxangel'sk, 1994. S. 7–10.
7. Astrologova L. E., Babich N. A. Vliyanie lesoxozyajstvenny'x meropriyatij na sostav zhivogo napochvennogo pokrova v kul'turax sosny' // E'kologicheskie problemy' Severa : Mezhvuzovskij sb. nauch. trudov. Arxangel'sk : SOLTI, 1998. S. 5–8.
8. Sungurova N. R. Izmenenie vidovogo sostava zhivogo napochvennogo pokrova v kul'turax // E'kologicheskie problemy' severa: mezhvuzovskij sbornik nauchny'x trudov. Arxangel'sk, 2005. Vy'p. 8. S. 103–106.
9. Kry'shen' A. M. Rastitel'ny'e soobshhestva vy'rubok Karelii. M. : Nauka, 2006. 262 s.
10. Ulanova N. G. Mexanizmy' suksessij rastitel'nosti sploshny'x vy'rubok v el'nikax Yuzhnoj tajgi // Aktual'ny'e problemy' geobotaniki. III Vserossijskaya shkola-konferenciya. Lekcii. Petrozavodsk : Izd-vo KarNCz RAN, 2007. C. 198–211.
11. Dekatov N. E. Ximicheskie mery' bor'by' s sornyakami v lesnom xozyajstve. M.-L. : Goslesbumizdat, 1947. 136 s.
12. Kalinkevich A. F. Zarastanie plastov drevesnoj i travyanistoj rastitel'nosti na svezhix vy'rubkax posle obrabotki pochvy' plugami PLN106/126 i LKA-2 // Sbornik nauchno-issledovatel'skix rabot po lesnomu xozyajstvu. L. : LenNIILX, 1964. Vy'p. 8. S. 120–142.
13. Stratonovich A. I. Lesny'e kul'tury' taezhnoj zony'. M. : Lesnaya promy'shlennost', 1966. 161 s.
14. Bel'kov V. P., Omel'yanenko A. Ya., Marty'nov A. N. Regulirovanie travyanogo pokrova v lesu. M. : Lesn. prom-st', 1974. 112 s.
15. Yurcev B. A., Petrovskij V. V. Flora Suntar-Xayata: Problemy' istorii vy'sokogorny'x landshaftov Severo-Vostoka Sibiri. L. : Nauka. Leningr. otd-nie, 1968. 235 s.
16. Rabotnov T. A. Fitocenologiya. M. : Izd-vo MGU, 1978. 384 s.
17. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien-New York, 1964. 865 p. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2>.
18. Yurcev B. A., Petrovskij V. V. Ob indikacionnom znachenii floristicheskix kompleksov na Severo-Vostoke SSSR // Teoreticheskie voprosy' fitoindikacii. L., 1971. S. 15–31.
19. Yurcev B. A. Ispol'zovanie indeksov regional'noj vstrechaemosti i regional'noj aktivnosti dlya botaniko-geograficheskogo analiza rastitel'nogo pokrova. Botanicheskij zhurnal. 2006. T. 91, № 3. S. 375–391.
20. Buloxov A. D., Semenishhenkov Yu. A., Panasenkov N. N., Xarin A. V. Fitocenoticheskie svyazi kak kriterij soxraneniya redkix vidov regional'noj flory' // Byulleten' Bryanskogo otdeleniya Russkogo botanicheskogo obshhestva. 2016. № 1(7). S. 10–22.
21. Didux Ya. P. Problemy' aktivnosti vidov rastenij // Botanicheskij zhurnal. 1982. T. 67, № 7. S. 925–935.
22. Palkina T. A. Floristicheskij sostav sornogo komponenta agrocenozov na territorii Ryazanskoj oblasti // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2011. Vy'p. 4. S. 44–55.
23. Konovalova I. S., Konovalov D. Yu. Dinamika zhivogo napochvennogo pokrova na nachal'ny'x e'tapax formirovaniya lesny'x kul'tur srednej podzony' tajgi // Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin. 2023. T. 27, № 2. S. 27–37. DOI 10.18698/2542-1468-2023-2-27-37.
24. Varfolomeev L. A., Sungurov R. V. Pochvennaya e'kologiya lesny'x kul'tur na Severe. Arxangel'sk, 2007. 291 c.

© Коновалова И. С., Коновалов Д. Ю.,
Клевцов Д. Н., 2024

Поступила в редакцию 26.09.2024
Принята к печати 23.12.2024

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КУСТАРНИКОВ
В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА)****Е. В. Авдеева, Д. В. Иванов**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

Аннотация: Различные виды кустарников широко используется в озеленении городов России, и в частности, в г. Красноярске, они выполняют санитарно-защитные и эстетические функции. При этом городские насаждения, находящиеся в зоне атмосферного загрязнения, ослабляются, что проявляется в более редкой кроне, мелких листьях, потере биологической и механической жизнеспособности, преждевременном усыхании. Помимо общего воздействия негативных факторов городской среды добавляются факторы, которые должны способствовать повышению их устойчивости: несовместимость, механические повреждения и др. Техногенная нагрузка на объекты озеленения оценивалась как интегральный показатель, на основе анализа экологических факторов, влияющих на изменения фитосреды. В ходе исследования установлено, что в «напряженных» условиях произрастают насаждения на 2 объектах озеленения; «конфликтных» – на 15 объектах и «критических» – на 4 объектах – данные территории относятся к примыкающим пространствам в районах образования транспортных «пробок», перекрестках и главных автомагистралей. Во всех исследуемых объектах озеленения наименьшее снижение ИЖС отмечено у сирени венгерской, которое составляет от 15 до 31 % в зависимости от условий произрастания и объясняется как устойчивостью данного вида, так и его расположению в группах и массивах. Максимальное снижение ИЖС в конфликтных и критических условиях роста от 31 до 42 % наблюдается у жимолости татарской, данные растения в основном произрастают одиночно либо малыми группами. Карагана древовидная, кизильник блестящий и смородина двуликая имеют промежуточные значения, при этом располагаются в данном порядке по снижению ИЖС. Таким образом, выбор растений для создания объектов озеленения на территориях с различным уровнем техногенного загрязнения должен производиться на основе анализа и научно-обоснованных рекомендаций. Как показали проведенные исследования, индекс жизненного состояния является чувствительным маркером, отражающим воздействие окружающей среды на состояние кустарников.

Ключевые слова: кустарники, объекты озеленения, Красноярск, урбанизированная среда.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 79–84

**INFLUENCE OF TECHNOGENIC IMPACTS ON THE VITAL STATE OF BUSHES
IN AN URBANISED ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF KRASNOYARSK)****E. V. Avdeeva, D. V. Ivanov**

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

Abstract: Various types of shrubs are widely used in landscaping of Russian cities, and in particular, in Krasnoyarsk, they perform sanitary-protective and aesthetic functions. At the same time, urban plantings located in the zone of atmospheric pollution are weakened, which is manifested in a more sparse crown, small leaves, loss of biological and mechanical viability, premature drying. In addition to the general impact of negative factors of the urban environment, factors are added that should contribute to increasing their stability: incompatibility, mechanical damage, etc. The technogenic load on landscaping objects was assessed as an integral indicator, based on the analysis of environmental factors affecting changes in the phytoenvironment. The study found that plantings grow in “tense” conditions on 2 landscaping objects; “conflict” – on 15 objects and “critical” – on 4 objects – these territories relate to highway spaces in areas of traffic jams, intersections and main highways. In all the studied greenery objects, the smallest decrease in the IHC was noted for Hungarian lilac, which ranged from 15 to 31 % depending on the growing conditions and is explained by both the stability of this species and its location in groups and arrays. The maximum decrease in the IHC in conflict and critical growth conditions from 31 to 42 % is observed for Tatar honeysuckle, these plants mainly grow singly or in small groups. Caragana arborescens, cotoneaster lucidus and currant two-spined have intermediate values, while they are located in this order by the decrease in the IHC. Thus, the choice of plants for creating greenery objects in areas with different levels of technogenic pollution should be based on analysis and

scientifically based recommendations. As shown by the studies, the vitality index is a sensitive marker reflecting the impact of the environment on the condition of shrubs.

Keywords: shrubs, landscaping objects, Krasnoyarsk, urbanized environment.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований обусловлена недостаточной изученностью возможностей применения кустарников для улучшения качества городской среды. Для создания декоративных и долговечных насаждений в городских скверах и парках, для повышения экологической эффективности городских объектов озеленения, особенно в крупных промышленных центрах, к которым относится г. Красноярск, необходим качественный посадочный материал, адаптированный к местным географическим условиям и техногенным нагрузкам. Ограниченный ассортимент и количественный недостаток кустарников в озеленении города приводит к отсутствию важного кустарникового яруса в системе городского озеленения. Недостаточная представленность кустарников в озеленении города, слабая изученность их роста и развития не позволяет их качественное внедрение на объекты озеленения города [1–4].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе экологических исследований, проведенных на 21 объекте озеленения г. Красноярска (рис. 1), получены качественные и количественные характеристики древесной растительности; проанализированы относительные показатели, характеризующие: баланс видового состава, ярусность насаждений и их соответствие нормативным значениям [1§ 2]. На основа-

нии этого обоснованы объекты исследования – пять видов кустарников: сирень венгерская (*Syringa josikaea*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), смородина двуликая (*Ribes diacanthum*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*), произрастающих на территории озелененных пространств города Красноярска в семи административных районах, с различным уровнем техногенного воздействия.

Техногенная нагрузка на объекты озеленения оценивалась как интегральный показатель, на основе анализа экологических факторов, влияющих на изменения фитосреды. Методика расчета «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне» основана на показателях и критериях ландшафтной и градостроительной экологии, позволяющих оценить уровень качества мест произрастания растений в многообразных условиях городской среды. Диаграммы интегральной оценки позволяют оценить вклад каждой группы факторов (ландшафтные, техногенные, автотранспортные, градостроительные, рекреационные), влияющих на условия произрастания растений, сгруппировать объекты исследования по уровню воздействия урбанизированной среды. Фоновое состояние окружающей среды города в целом и в отдельных его районах формируется при совместном воздействии промышленных и транспортных выбросов, а также в результате их вторичного взаимодействия [1; 2].

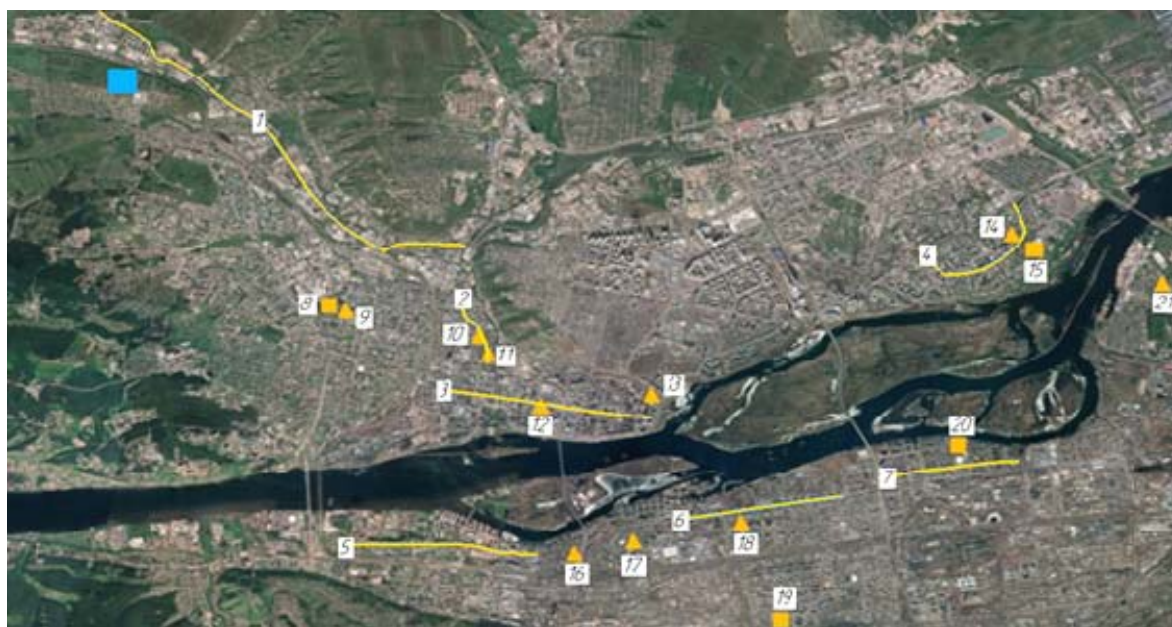


Рис. 1. Исследуемые объекты озеленения:

— улицы (проспекты): 1 – ул. Калинина, 2 – ул. Железнодорожников, 3 – проспект Мира, 4 – улица Тельмана, 5 – улица Судостроительная, 6 – проспект им. газеты «Красноярский рабочий», 7 – улица Юности;
▲ – скверы: 9 – Сквер (ул. Железнодорожников, 19), 12 – Сквер имени А. С. Пушкина, 13 – Сквер «Победителей», 14 – Сквер (Устиновича, 1а), 16 – Сквер (Матросова, 10), 17 – Сквер «Фестивальный», 18 – сквер «Уют», 11 – сквер «Паниковка», 18 – Площадь и бульвар Маяковского, 21 – Сквер «Одесский»;
■ – парки: 8 – Парк «Троя», 15 – Парк «Гвардейский», 19 – Парк «Кировский», 20 – Парк им. 1 Мая;
■ – Питомник МП УЗС

Экологическое состояние территории г. Красноярска согласно схемы районирования составленной Госцентром «Природа» принято за экологический фон города. Локальные состояния, увеличивающие уровень загрязнения среды, формируются ситуациями, которые зависят от территориального распространения, интенсивности проявления, времени возникновения и длительности неблагоприятных воздействий. На основании этого при проектировании объектов озеленения и выборе технологий по уходу за насаждениями необходимо учитывать условия их произрастания на локальном уровне.

На основе принятой балльной оценки составлена шкала плотности факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на условия произрастания растений. Исходя из принятой за основу фоновой оценки состояния среды г. Красноярска, с учетом натурных обследований объектов озеленения города и анализа динамики техногенного загрязнения среды выделено четыре уровня экологического воздействия среды на условия произрастания растений. Сумма баллов характеризует уровень антропогенной нагрузки (плотность негативных факторов для роста древесных растений) и определяет тип условий произрастания растений. Максимальные значения шкалы плотности, соответствующие территориям с наибольшими выбросами и концентрациями загрязняющих веществ от промышленных предприятий и автотранспорта, оказывающие негативное влияние на здоровье населения и рост и развитие древесных растений, с сильно нарушенной природной средой, отнесены к критическому типу условий фитосреды. Тип условий произрастания I – удовлетворительный (сумма баллов до 50), II – напряженный (от 51 до 100), III – конфликтный (от 101 до 150) критический (151 и выше) [1; 14].

Оценка жизненного состояния проводилась по методике А. А. Алексеева и оценке по визуальным

характеристикам состояния крон. При показателе 100–80 % жизненное состояние деревьев оценивалось как «здоровое», при 79–50 % считались поврежденными (ослабленным), при 49–20 % – сильно поврежденными (сильно ослабленными), при 19 % и ниже – отмирающими [5; 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты интегральной оценки состояния фитосреды на объектах озеленения, расположенных в различных административных районах города представлены на рис. 2–4.

На основании результатов обследования установлено, что в «напряженных» условиях произрастают насаждения на 2 объектах озеленения: сквер «Фестивальный» и сквер на улице Фестивальная; «конфликтных» – на 15 объектах и «критических» – на 4 объектах. «Критическими» условиями произрастания характеризуются улица Калинина, проспекты Мира и имени газеты «Красноярский рабочий», а также сквер «Одесский». Данные территории относятся к примагистральным пространствам в районах образования транспортных «пробок», перекрестках и главных автомагистралей. Объекты озеленения с «удовлетворительными» условиями произрастания древесных растений расположены рядом с менее нагруженными улицам или окружены многоэтажной застройкой. Вдоль данных объектов отмечается низкая интенсивность движения автотранспорта и удаленность от автомагистралей.

Согласно методике оценки жизненного состояния, проведен расчет индекса жизненного состояния (ИЖС) исследуемых кустарников на каждом объекте озеленения, итоговые данные анализа жизненного состояния по каждой обобщенной группе в зависимости от типа условий произрастания представлены в табл. 1.

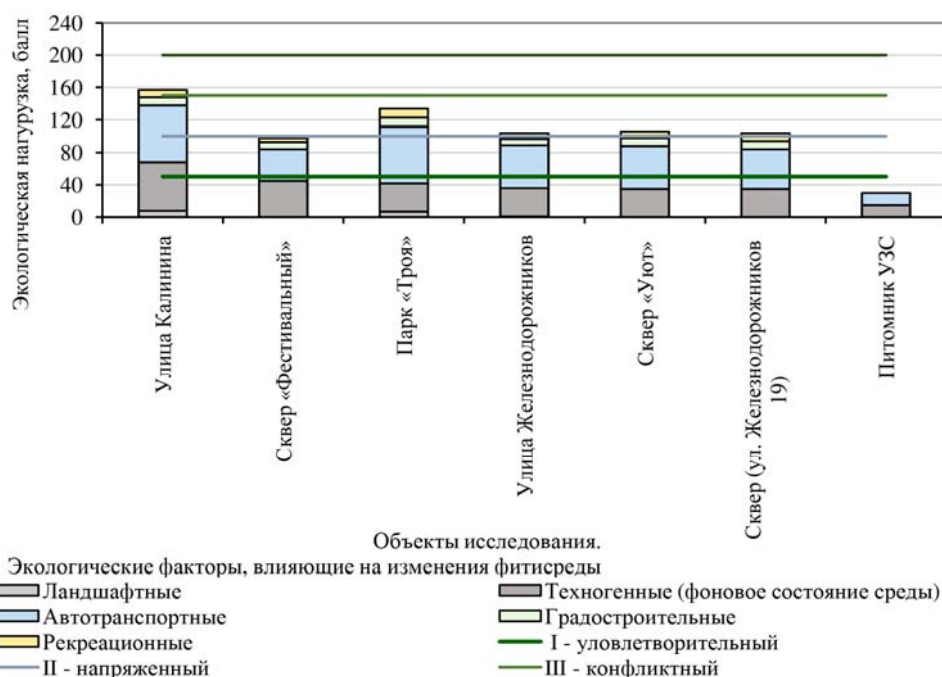


Рис. 2. Интегральная оценка состояния фитосреды:

Административные районы города – Октябрьский, Железнодорожный

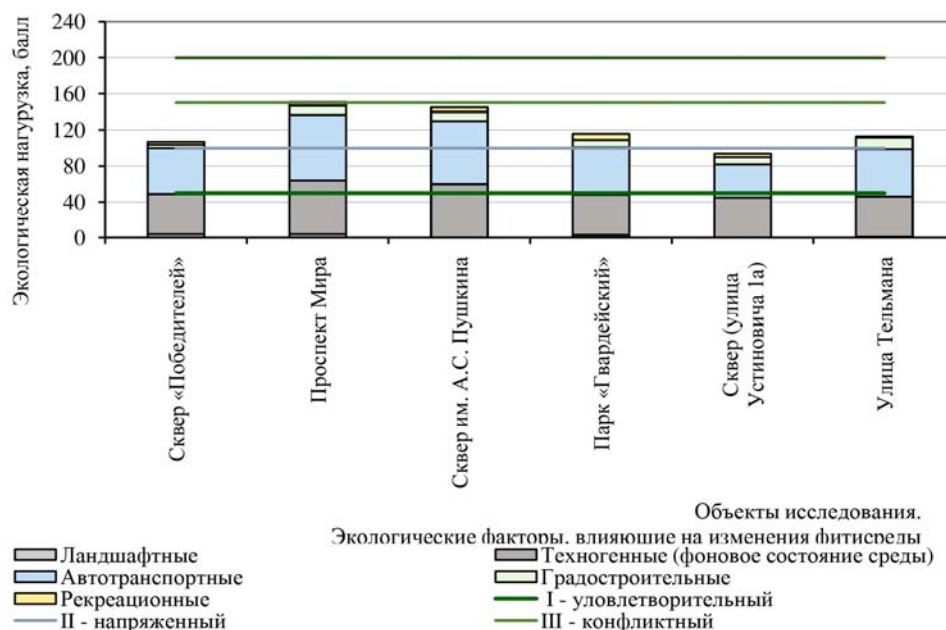


Рис. 3. Интегральная оценка состояния фитосреды:
Административные районы города – Центральный, Советский

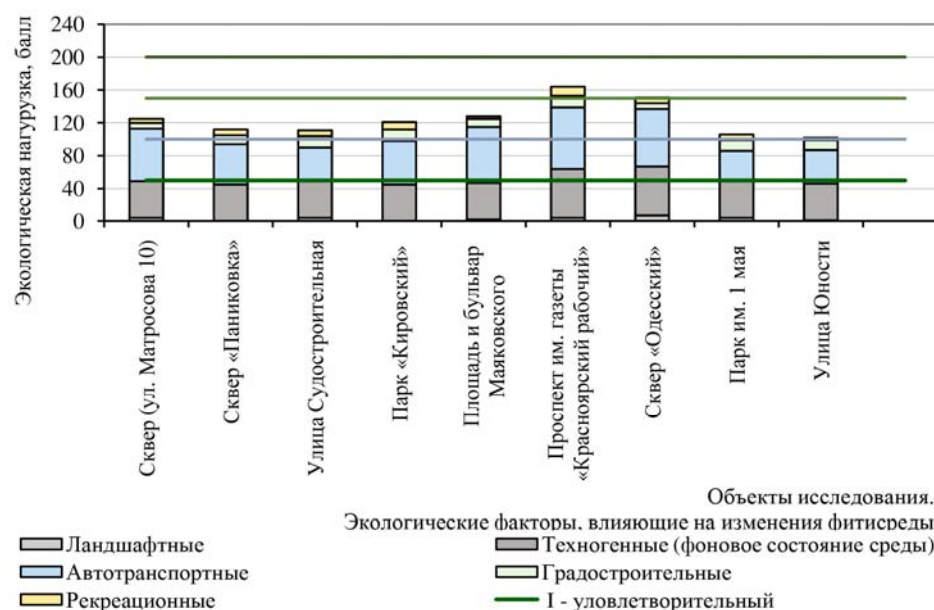


Рис. 4. Интегральная оценка состояния фитосреды:
Административные районы города – Свердловский, Кировский, Ленинский

Во всех исследуемых объектах озеленения наименьшее снижение ИЖС отмечено у сирени венгерской, которое составляет от 15 до 31 % в зависимости от условий произрастания и объясняется как устойчивостью данного вида, так и его расположению в группах и массивах. Максимальное снижение ИЖС в конфликтных и критических условиях роста от 31 до 42 % наблюдается у жимолости татарской, данные растения в основном произрастают одиночно либо малыми группами. Карагана древовидная, кизильник блестящий и смородина двуликая имеют промежуточные значения, при этом располагаются в данном порядке по снижению ИЖС.

Методом дисперсионного анализа установлено влияние городской среды (по величине интегрального

показателя) на жизненное состояние кустарников, произрастающих на исследуемых объектах озеленения (табл. 2).

В питомнике отмечен более высокий уровень жизненного состояния кустарников, что связано с тем, что питомник расположен в зеленой зоне города, территория которого относится к удовлетворительным условиям фитосреды, а также с различиями в технологиях по выращиванию и уходу за кустарниками в питомнике и на городских объектах озеленения. При этом реакции растений различны и имеют видовые особенности [7–13]:

– *жимолость татарская* – на городских объектах озеленения произрастает в трех типах условий произрастания: напряженный, конфликтный, критический;

для данного вида достоверно выделились три группы насаждений по влиянию факторов городской среды в соответствии с типами условий произрастания, наблюдается прямая зависимость – при увеличении техногенных нагрузок снижается жизненное состояние растений, декоративность и ухудшается санитарно-гигиеническое функционирование;

– *кизильник блестящий*, произрастает на объектах озеленения с конфликтными и критическим условиями произрастания; для данного вида также достоверно установлено влияние факторов городской среды на жизненное состояние растений;

– *сирень венгерская* – насаждения достоверно объединились в три группы: в первую – насаждения,

произрастающие в напряженных условиях, во Вторую – конфликтных, в третью – в критических; с возращанием техногенных воздействий отмечено минимальное снижение стабильности развития растений данного вида, относительно других исследуемых видов;

– *карагана древовидная* и *смородина двуликая* – аналогично реагируют на воздействия окружающей среды – под воздействием техногенных нагрузок конфликтного и критического уровней нет достоверных различий между жизненным состоянием растений данных видов, их жизненное состояние резко начинается снижаться уже в конфликтных условиях произрастания.

Таблица 1
Снижение индекса жизненного состояния

Тип условий произрастания	Снижение индекса жизненного состояния, %				
	Вид кустарника				
II – напряженный	Сирень венгерская	Жимолость татарская			
	13,58	14,08			
III – конфликтный	Сирень венгерская	Карагана древовидная	Кизильник блестящий	Смородина двуликая	Жимолость татарская
	21,79	21,96	22,72	23,51	31,03
IV – критический	Сирень венгерская	Карагана древовидная	Кизильник блестящий	Смородина двуликая	Жимолость татарская
	31,54	31,66	33,21	36,81	42,54

Таблица 2
Результаты дисперсионного анализа влияния условий произрастания на жизненное состояние кустарников на объектах озеленения г. Красноярск

Индекс жизненного состояния	Тип условий произрастания	Вид кустарника	Значение критерия Фишера			Оценка достоверности
			расчетное	табличное		
				P = 0,05	P = 0,01	
	II, II, III, IV	сирень венгерская	206,93	4,1	7,6	+
	II–III		228,64	34,1	7,7	+
	III–IV		36,22	34,1	7,7	+
	II, II, III, IV	жимолость татарская	611,44	4,1	7,6	+
	II–III		374,80	4,8	9,8	+
	III–IV		113,14	34,1	7,7	+
	II, III, IV	карагана древовидная	225,7371	4,8	9,8	+
	III–IV		4,62	34,1	7,7	–
	II, III, IV	смородина двуликая	999,96	4,8	9,8	+
III–IV	11,54951		34,1	7,7	–	
II, III, IV	кизильник блестящий	4996,764	4,8	9,8	+	
III–IV		456.60	34.1	7.7	+	

Примечания. Тип условий произрастания: II – контроль/питомник, I – удовлетворительный, II – напряженный, III – конфликтный, IV – критический.

«+» – различия влияние условий произрастания на жизненное состояние растений – **достоверно**.

«–» – различия влияний условий произрастания на жизненное состояние растений – **недостоверно**

ВЫВОДЫ

Таким образом, выбор растений для создания объектов озеленения на территориях с различным уровнем техногенного загрязнения должен производиться на основе анализа и научно-обоснованных рекомендаций. Как показали проведенные исследования, индекс жизненного состояния является чувствительным маркером, отражающим воздействие окружающей среды на состояние кустарников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Авдеева Е. В. Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде. Красноярск : СибГТУ, 2007. 361 с. Текст : непосредственный.
2. Авдеева Е. В., Черникова К. В. Особенности формирования среды крупного промышленного города (на примере Г. Красноярск) // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31, № 1-2. С. 30–35.
3. Авдеева Е. В. Ландшафтоведение. Глобальные и региональные аспекты : учеб. пособие / СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2023. 81 с.

4. Авдеева Е. В. Ландшафтно-средозащитное озеленение городских территорий : учебное пособие Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева. Красноярск : СибГУ, 2023. 82 с. Текст : непосредственный.

5. Алексеев А. А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Ленинград : Наука, 1990. 200 с. Текст: непосредственный.

6. Мозолева Е. Г., Жеребцова Г. П., Соколова Э. С., Белов Д. А., Белова Н. К. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 40 с.

7. Коропачинский И. Ю., Лоскутов Р. И. Древесные растения для озеленения Красноярска. Новосибирск : Сиб. отд-ние Рос. Акад. Наук ; Центральный сибирский ботанический сад ; Институт леса им. В. Н. Сукачева, 2014. 320 с. Текст: непосредственный.

8. Шихова Н. С., Полякова Е. В. Деревья и кустарники в озеленении города Владивостока. М. : ВНИИТИ, 2006. 236 с. Текст: непосредственный.

9. Сапелин А. А. Декоративно-лиственные древесные и кустарниковые растения в цветочном оформлении. 2012. Текст: электронный // РусПитомники: сайт. URL: <https://www.ruspitomniki.ru/article/shagi-navstrechu-gorod-i-pitomniki.html/id/467>. Текст: электронный.

10. Бабич Н. А., Залывская О. С., Травникова Г. И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов : монография. Архангельск : Архангельский государственный технический университет, 2008. 143 с. Текст : непосредственный.

11. Кириллов М. В. Природа Красноярска и его окрестностей. Красноярск. Красноярское книжное издательство, 1988, 149 с.

12. Безруких В. А., Авдеева Е. В., Селенина Е. А. Обоснование видового состава древесных растений с учетом дендроклиматического районирования территории Сибирского города и его пригородной зоны (на примере города Красноярска) // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. 38, № 5-6. С. 225–236.

13. Альтернатива тополи бальзамическому (*Populus balsamifera* L.) в озеленении г. Екатеринбурга / М. В. Воробьева, С. В. Залесов, Я. А. Крекова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 11-1(101). С. 92–98.

14. Кухар И. В. Особенности роста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях урбанизированной среды (на примере скверов г. Красноярска) : специальность 04.01.06 «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация» : дис. ... канд. сельскохозяйств. наук / Кухар Игорь Васильевич. Красноярск, 2023. 227 с.

REFERENCES

1. Avdeyeva Ye. V. Rost i indikatornaya rol' drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede. Krasnoyarsk : SibGTU, 2007. 361 s. Tekst : neposredstvennyy.

2. Avdeyeva Ye. V., Chernikova K. V. Osobennosti formirovaniya sredy krupnogo promyshlennogo goroda

(na primere G. Krasnoyarska) // Khvoynyye boreal'noy zony. 2013. T. 31, № 1-2. S. 30–35.

3. Avdeyeva Ye. V. Landshaftovedeniye. Global'nyye i regional'nyye aspekty : uchebnoye posobiye / Sib. gos. un-t nauki i tekhnologiy im. akad. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2023. 81 s.

4. Avdeyeva Ye. V. Landshaftno-sredozashchitnoye ozeleneniye gorodskikh territoriy : uchebnoye posobiye SibGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk : SibGU, 2023. 82 s. Tekst : neposredstvennyy.

5. Alekseyev A. A. Lesnyye ekosistemy i atmosfernoye zagryazneniye. Leningrad : Nauka, 1990. 200 s. Tekst: neposredstvennyy.

6. Mozolevskaya Ye. G., Zherebtsova G. P., Sokolova E. S., Belov D. A., Belova N. K. Otsenka zhiznesposobnosti derev'yev i pravila ikh otbora i naznacheniya k vyрубке i peresadke. M. : GOU VPO MGUL, 2007. 40 s.

7. Koropachinskiy I. Yu., Loskutov R. I. Drevesnyye rasteniya dlya ozeleneniya Krasnoyarska. Novosibirsk : Sib. otd-niye Ros. Akad. Nauk ; Tsentral'nyy sibirskiy botanicheskiy sad ; Institut lesa im. V. N. Sukacheva, 2014. 320 s. Tekst: neposredstvennyy.

8. Shikhova N. S., Polyakova Ye. V. Derev'ya i kustarniki v ozelenenii goroda Vladivostoka. M. : VINITI, 2006. 236 s. Tekst: neposredstvennyy.

9. Sapelin A. A. Dekorativno-listvennyye drevesnyye i kustarnikovyye rasteniya v tsvetochnom оформлении, 2012. Tekst: elektronnyy // RusPitomniki: sayt. URL: <https://www.ruspitomniki.ru/article/shagi-navstrechu-gorod-i-pitomniki.html/id/467>. Tekst: elektronnyy.

10. Babich N. A., Zalyvskaya O. S., Travnikova G. I. Introdutsenty v zelenom stroitel'stve severnykh gorodov: monografiya. Arkhangel'sk : Arkhangel'skiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet, 2008. 143 s. Tekst: neposredstvennyy.

11. Kirillov M. V. Priroda Krasnoyarska i yego okrestnostey. Krasnoyarsk. Krasnoyarskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1988, 149 s.

12. Bezrukih V. A., Avdeyeva Ye. V., Selenina Ye. A. Obosnovaniye vidovogo sostava drevesnykh rasteniy s uchetom dendroklimaticheskogo rayonirovaniya territorii Sibirskogo goroda i yego prigorodnoy zony (na primere goroda Krasnoyarska) // Khvoynyye boreal'noy zony. 2020. T. 38, № 5-6. S. 225–236.

13. Al'ternativa topolyu bal'zamicheskomu (*Populus balsamifera* L.) v ozelenenii g. Yekaterinburga / M. V. Vorob'yeva, S. V. Zalesov, Ya. A. Krekova [i dr.] // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2020. № 11-1(101). S. 92–98.

14. Kukhar I. V. Osobennosti rosta berezy povisloy (*Betula pendula* Roth.) i lipy melkolistnoy (*Tilia cordata* Mill.) v usloviyakh urbanizirovannoy sredy (na primere skverov g. Krasnoyarska) : spetsial'nost' 04.01.06 "Lesovedeniye, lesovodstvo, lesnyye kul'tury, agrolesomeliioratsiya, ozeleneniye, lesnaya pirologiya i taksatsiya" : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk / Kukhar Igor' Vasil'yevich. Krasnoyarsk, 2023. 227 s.

© Авдеева Е. В., Иванов Д. В., 2024

Поступила в редакцию 20.10.2024

Принята к печати 23.12.2024

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОЙ ДЕНДРОФЛОРЫ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

О. С. Заливская, К. С. Шапран

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
Российская Федерация, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

Аннотация: Интродукция древесных растений вносит весомый вклад в решение одной из важнейших проблем региона – повышение комфортности северных городов.

Существуют различные методы интродукции, применяемые на практике. Основные из них: ступенчатый метод, метод интродукции родом или родовым комплексом, метод флорогенетического анализа и др. В случае метода интродукции целыми дендрофлорами сходные климатические условия регионов позволяют предполагать успешное введение древесных видов.

Цель данных исследований – на основе полной инвентаризационной оценки насаждений Архангельской агломерации определить породный состав и систематическую структуру видов североамериканского происхождения и дать их характеристику.

Выявлено, что в насаждениях г. Архангельска насчитывается 53 вида арбифлоры, из них деревьев – 24, кустарников – 29. Дендрофлора г. Новодвинска и г. Северодвинска представлена 28 и 32 видами соответственно.

В результате инвентаризационных работ, проведенных в насаждениях общего пользования, установлено, что на территории Архангельской агломерации произрастает 11 видов деревьев и кустарников, родиной которых является Северная Америка.

Ключевые слова: интродуценты, видовое разнообразие, Архангельская агломерация.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 85–92

SPECIES DIVERSITY OF REPRESENTATIVES OF THE NORTH AMERICAN DENDROFLORA IN THE ARKHANGELSK AGGLOMERATION

O. S. Zalivskaya, K. S. Shapran

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
17, Severnaya Dvina Embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation

Abstract: The introduction of woody plants makes a significant contribution to solving one of the most important problems of the region – improving the comfort of northern cities.

There are various methods of introduction used in practice. The main ones are: the stepwise method, the method of introduction by genus or generic complex, the method of phlorogenetic analysis, etc. In the case of the method of introduction by whole denroflora, the similar climatic conditions of the regions allow us to assume the successful introduction of woody species.

The purpose of these studies is to determine the breed composition and systematic structure of species of North American origin and to characterize them on the basis of a complete inventory assessment of the plantations of the Arkhangelsk agglomeration.

It was revealed that there are 53 species of arboriflora in the plantations of Arkhangelsk, of which 24 are trees and 29 are shrubs. The dendroflora of Novodvinsk and Severodvinsk is represented by 28 and 32 species, respectively.

As a result of inventory work carried out in public plantations, it was found that 11 species of trees and shrubs native to North America grow on the territory of the Arkhangelsk agglomeration.

Keywords: introducents, species diversity, Arkhangelsk agglomeration.

ВВЕДЕНИЕ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ)

Значение лесов в биосфере невозможно переоценить. Леса сохраняют плодородие почв, оберегают чистоту воздуха, они являются источником самых разнообразных видов сырья – древесных, пищевых, кормовых, технических, лекарственных.

Древесная растительность северных лесов небогата по видовому составу. Эксплуатационные леса содержат 8,3 млн га спелых и перестойных насаждений, 87 % из них – хвойные. Согласно сведениям, содержащимся в Лесном плане Архангельской области, эксплуатационный лес данного региона состоит из:

ель – 64,6 %, сосна – 22,1 %, береза – 10,2 %, осина – 2,6 %, другие древесные породы – 0,5 %.

По сравнению со средней и южной полосой России невелико число пород местной флоры, пригодных для озеленения городов, поселков, использования для других целей. В то же время, как показали многолетние исследования по интродукции и акклиматизации инорайонных древесных растений и накопленный опыт их выращивания в различных районах Европейского Севера, список декоративных пород для практического использования может быть расширен [Малаховец, Тисова, 2002; Феклистов, 2004; Бабич, Залывская, Травникова, 2008; Васильева, Попова, 2010; Александрова, 2021; Демидова и др., 2021, 2022; Антонов и др., 2023].

Интродукция древесных растений направлена на обогащение дендрофлоры новыми растениями, создание лесных культур, рекреационных лесов, садов и парков, обладающих ценными биологическими и хозяйственными (пищевыми и лекарственными) свойствами, декоративностью, устойчивостью к загрязнению среды промышленными выбросами.

Интродукция древесных растений вносит весомый вклад в решение одной из важнейших проблем региона – повышение комфортности северных городов.

История введения новых пород в культуру в масштабах биологической науки ещё коротка. Только с 50-х годов XX века наблюдается систематическое развитие методов интродукции лесных пород. В. Н. Нилов (1990) отмечает, что введение в озеленительные посадки видов, обычных для средней полосы страны, позволит скрасить суровое однообразие северной природы и будет иметь определённое значение в процессе адаптации приезжего населения на Север.

Городская среда может рассматриваться как модель возможного глобального изменения естественной среды, а взаимоотношения человека с городскими растениями могут стать основной формой взаимодействия человека с природой в будущем [Бабич, Карбасникова, Долинская, 2012].

Городские насаждения являются неотъемлемой частью градостроительной структуры, а также своеобразной коллекцией древесных и кустарниковых видов, которые растут и развиваются в жестких условиях урбанизированной среды. Многие из них вступили в стадию плодоношения (семеношения). Деревья и кустарники, проявившие в новых условиях среды в наибольшей степени свои хозяйственные признаки, ради которых они интродуцированы, и показавшие наиболее высокую устойчивость к неблагоприятным факторам среды, могут служить базой для заготовки семян и черенков с целью дальнейшего выращивания посадочного материала и расширения границ встречаемости ранее неизвестных видов, тем самым способствовать обогащению биоразнообразия растительного мира региона [Бабич, Карбасникова, Долинская, 2012].

Город Архангельск, основанный в 1584 году, развивался благодаря осушению земель, которое было необходимо, так как весной его в буквальном смысле заливало водой. Наряду с мощением улиц выполнялись и озеленительные работы. В XIX веке при по-

садках в частных садах и в общественных местах появляются первые экзоты, часть родом из-за границы, часть – из г. Санкт-Петербурга. Сады некоторых владельцев были поистине необыкновенными для тех лет. Выращивались сирени с разнообразными оттенками соцветий, ели с голубым отблеском (вероятно, ель колючая форма голубая), тополь бальзамический, различные яблони, розы, дуб черешчатый. При благоприятных условиях такие собрания уникальных для Севера растений могли стать прообразом ботанического сада, но, к сожалению, были уничтожены [Васильева, Попова, 2010]. В XX веке работы по озеленению и расширению ассортимента города велись при участии дендрария Архангельского лесотехнического института (АЛТИ), который передавал на безвозмездной основе посадочный материал городским службам зеленого хозяйства.

Существуют различные методы интродукции, применяемые на практике. Основные из них: ступенчатый метод, метод интродукции родом или родовым комплексом, метод флорогенетического анализа и др. В случае метода интродукции целыми дендрофлорами, ботанический сад или дендрарий переносит к себе и испытывает представителей определенной дендрофлоры, например, дальневосточной, или североамериканской, кавказской. Первый широкий опыт интродукции дендрофлор Северной Америки, Гималаев, Австралии был успешно заложен А. Н. Красновым в 1912 году в Батумском ботаническом саду. В советских академических ботанических садах такие работы нередки [Лапин, 1974].

Сходные климатические условия регионов позволяют предполагать успешную интродукцию древесных видов. Данный тезис подтверждают исследования ученых-северян и ученых других регионов [Орлов, 1952; Андропова, 2017; Залывская, Бабиц, 2020; Карбасникова, Бабиц, 2021; Бабиц и др., 2021; Сунгурова и др., 2023; Хамитов и др., 2023].

Цель данных исследований – на основе полной инвентаризационной оценки насаждений Архангельской агломерации выявить породный состав и систематическую структуру видов североамериканского происхождения и дать их характеристику.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методология работы основана на изучении литературных данных отечественных и зарубежных авторов, сборе натурального материала по общепринятым методикам, которые используются при проведении интродукционных исследований древесных видов [Лапин, 1974; Нилов, 1990; Малаховец, Тисова, 2002].

Путём обследования насаждений городов и посёлков Архангельской агломерации определили базовые объекты, за которыми велись наблюдения. Древесные и кустарниковые породы произрастают в виде линейных посадок вдоль дорог, формируют насаждения парков, скверов, дворов в виде групп, массивов, солитеров. Исследовали все виды дендрофлоры, произрастающие в агломерации.

Выявление и учет видового состава производился путем инвентаризации в течение 2002–2024 гг. и последующего анализа согласно цели исследования.

Выводы сформулированы на основе большого экспериментального материала, полученного в ходе обследования насаждений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В озеленении г. Архангельска насчитывается 53 вида арбрифлоры, из них деревьев – 24, кустарников – 29. Дендрофлора г. Новодвинска и г. Северодвинска представлена 28 и 32 видами соответственно.

В результате инвентаризационных работ, проведенных в насаждениях общего пользования, выявлено, что на территории Архангельской агломерации произрастает 11 видов деревьев и кустарников, родной которых является Северная Америка (табл. 1, 2). При этом деревья представлены 3 видами, кустарники – 8 видами. Таксономическая характеристика их следующая: семейства Ивовые, Кипарисовые, Мальвовые, Сосновые, Адоковые, Жимолостные, Кизиловые, Лоховые, Розоцветные.

Таблица 1
Систематическая структура дендрофлоры насаждений общего пользования Архангельской агломерации

Род	Вид	Семейство
Берёза (<i>Betula</i>)	Берёза повислая (<i>Betula pendula</i> L.)	Берёзовые (<i>Betulaceae</i>)
	Берёза пушистая (<i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	
	Ольха серая (<i>Alnus incana</i> L.)	
Тополь (<i>Populus</i>)	Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i> L.)	Ивовые (<i>Salicaceae</i>)
	Тополь дрожащий (<i>Populus tremula</i> L.)	
Ива (<i>Salix</i>)	Ива белая (<i>Salicaceae alba</i> Lindl)	
Туя (<i>Thuja</i>)	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	Кипарисовые (<i>Cupressaceae</i>)
Можжевельник (<i>Juniperus</i>)	Можжевельник обыкновенный (<i>Juniperus communis</i> L.)	
Липа (<i>Tilia</i>)	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	Мальвовые (<i>Malvaceae</i>)
Ясень (<i>Fraxinus</i>)	Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Маслиновые (<i>Oleaceae</i>)
Клён (<i>Acer</i>)	Клён ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	Сапиндовые (<i>Sapindaceae</i>)
	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	
	Клен татарский (<i>Acer tataricum</i> L.)	
Ель (<i>Picea</i>)	Ель колючая (<i>Picea pungens</i> Engelm)	Сосновые (<i>Pinaceae</i>)
	Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> Link.)	
Лиственница (<i>Larix</i>)	Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Djl.)	
Сосна (<i>Pinus</i>)	Сосна обыкновенная (<i>Pinus silvestris</i> L.)	
	Сосна кедровая сибирская (<i>Pinus sibirica</i> Rupr.)	
Пихта (<i>Abies</i>)	Пихта сибирская (<i>Abies sibirica</i> Mill.)	
Вяз (<i>Ulmus</i>)	Вяз шершавый (<i>Ulmus scabra</i> Mill.)	Вязовые (<i>Ulmaceae</i>)
	Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	
Дуб (<i>Querus</i>)	Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	Буковые (<i>Fagaceae</i>)
Бузина (<i>Sambucus</i>)	Бузина красная (<i>Sambucus racemosa</i> L.)	Адоковые (<i>Adoxaceae</i>)
Барбарис (<i>Berberis</i>)	Барбарис амурский (<i>Berberis amurensis</i> Rupr.)	
Карагана (<i>Caragana</i>)	Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i> Lam.)	Бобовые (<i>Fabaceae</i>)
Чубушник (<i>Philadelphus</i>)	Чубушник венечный (<i>Philadelphus coronarius</i> L.)	Гортензиевые (<i>Hydrangeaceae</i>)
Жимолость (<i>Lonicera</i> L.)	Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i> L.)	Жимолостные (<i>Caprifoliaceae</i>)
Снежнаягодник (<i>Symphoricarpos</i>)	Снежнаягодник белый (<i>Symphoricarpos albus</i> L.)	
Калина (<i>Viburnum</i>)	Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	Калиновые (<i>Viburnaceae</i>)
Смородина (<i>Ribes</i>)	Смородина золотистая (<i>Ribes aureum</i> (Pursch.)	Крыжовниковые (<i>Grossulariaceae</i>)
	Смородина черная (<i>Ribes nigrum</i> L.)	
	Смородина красная (<i>Ribes rubrum</i> L.)	
Дерен (<i>Cornus</i>)	Дерен белый (<i>Cornus alba</i> L.)	Кизиловые (<i>Cornaceae</i>)
Лох (<i>Elaagnus</i>)	Лох серебристый (<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh.)	Лоховые (<i>Elaeagnaceae</i>)
Сирень (<i>Syringa</i>)	Сирень венгерская (<i>Syringa josikae</i> Jacq)	Маслиновые (<i>Oleaceae</i>)
	Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	
Арония (<i>Aronia</i>)	Арония черноплодная (<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.)	Розовые (<i>Rosaceae</i>)
Боярышник (<i>Crataegus</i>)	Боярышник Максимовича (<i>Crataegus maximoviczii</i> Schneider)	
	Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguine</i> Pall)	
	Боярышник кроваво-красный зеленомясый (<i>Crataegus chlorosarca</i> Maxim.)	
Ирга (<i>Amelanchier</i>)	Ирга колосистая (<i>Amelanchier spicata</i> Lam.)	
	Ирга обильноцветущая (<i>Amelanchier florida</i> L.)	
Кизильник (<i>Cotoneaster</i>)	Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucida</i> Schl.)	
Пузыреплодник (<i>Physocarpus</i>)	Пузыреплодник калинолистный (<i>Physocarpus opulifolia</i> L.)	

Окончание таблицы 1

Род	Вид	Семейство
Рубус (<i>Rubus</i>)	Малина душистая (<i>Rubus odoratus</i> L.)	
Рябинник (<i>Sorbaria</i>)	Рябинник рябинолистный (<i>Sorbaria sorbifolia</i> L.)	
Спирея (<i>Spiraea</i>)	Спирея иволистная (<i>Spiraea salicifolia</i> L.)	
Роза (<i>Rosa</i>)	Роза иглистая (<i>Rosa acicularis</i> Lindl.)	
	Роза морщинистая (<i>Rosa rugose</i> Thunb.)	
Рябина (<i>Sorbus</i>)	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	
Яблоня (<i>Malus</i>)	Яблоня ягодная (<i>Malus baccata</i> Borkh.)	
	Яблоня сливолистная (<i>Malus prunifolia</i> Willd.)	
Слива (<i>Prunus</i>)	Черемуха обыкновенная (<i>Padus racemose</i> L.)	
	Черемуха Маака (<i>Padus maackii</i> Rupr.)	

Примечание: жирным шрифтом выделены виды-интродуценты.

Таблица 2

Ареал обитания и встречаемость видов в Архангельской агломерации

Вид	Естественное произрастание	Архангельск	Северодвинск	Новодвинск
Береза повислая	Европа, Западная и Восточная Сибирь, Казахстан, Монголия, Китай (Синь-цзян)	+	+	+
Береза пушистая	Европа (северная, западная и восточная часть), Кавказ, Западная и Восточная Сибирь	+	+	+
Вяз шершавый	Центральная и Восточная Европа, Крым, Кавказ, Малая Азия, Китай	+	+	+
Вяз гладкий	Европа (за исключением Пиренейского полуострова и Британских островов), Кавказ, Малая Азия, Урал, Казахстан	+	–	–
Дуб черешчатый	Европа, Западная Азия, Кавказ	+	+	–
Клен остролистный	Европа	+	+	+
Клен татарский	Восточная и Центральная Европа, Кавказ, Иран, Малая Азия	–	+	–
Ива белая	Европа (за исключением Крайнего Севера), Западная Сибирь, Малая Азия, Иран, Казахстан	+	+	+
Липа мелколистная	Северная Америка	+	+	+
Ольха серая	Европа, Кавказ, Западная Сибирь, Северная Америка	+	+	+
Рябина обыкновенная	Европейская часть России, Западная Сибирь, Крым, Кавказ, Западная Европа, Северная Америка	+	+	+
Тополь дрожащий	Европа, Казахстан, Китай, Монголия, полуостров Корея, вся территория России	+	+	+
Тополь бальзамический	Северная Америка	+	+	+
Черемуха обыкновенная	Европа, Казахстан, Китай, Монголия, полуостров Корея, вся территория России	+	+	+
Черемуха Маака	Дальний Восток России, Китай, Корейский полуостров	+	–	–
Яблоня ягодная	Восточная Сибирь, Монголия, Тибет, Гималаи, Китай, Корея	+	+	+
Яблоня сливолистная	Китай	+	–	–
Ясень обыкновенный	Европа, Кавказ, Малая Азия	+	–	–
Ель колючая	Северная Америка	+	+	+
Ель обыкновенная	Северо-восточная и Западная часть Европы, Сибирь	+	+	+
Лиственница сибирская	Север, северо-восток и частично восток Европейской части России, Урал, Западная и Восточная Сибирь, Восточный Казахстан, северная часть Монголии	+	+	+
Можжевельник обыкновенный	Северная и Средняя Европа, Сибирь, Северная Америка	–	+	–
Пихта сибирская	Северо-восток европейской части России, Сибирь	+	–	+
Сосна обыкновенная	Европейская часть России, Сибирь, Дальний Восток; за пределами РФ: Западная Европа, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Казахстан, Северная Монголия	+	+	–
Туя западная	Северная Америка	+	+	–
Сосна кедровая сибирская	Крайний северо-восток Европейской части России, Западная и Восточная Сибирь, Забайкалье	+	+	+
Арония черноплодная	Северная Америка	+	+	+
Барбарис амурский	Европейская часть России, Крыму, Предкавказье	+	–	–
Боярышник кроваво-красный	Дальний Восток, Сибирь, Восточная Европа и Средняя Азия	+	+	+

Окончание таблицы 2

Вид	Естественное произрастание	Архангельск	Северодвинск	Новодвинск
Боярышник кроваво-красный зеленомясый	Камчатка, Сахалин, Курильские острова и Япония	+	+	—
Боярышник Максимовича	Сибирь и Дальний Восток	+	—	—
Бузина красная	Евразия и Северная Америка	+	+	+
Дерен белый	Северная Америка	+	+	+
Жимолость татарская	Юго-восток Европейской части России, Сибирь, предгорья Тянь-Шаня и Алтай	+	+	+
Ирга обильноцветущая	Северная Америка	+	+	+
Калина обыкновенная	Европа, Кавказ, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток РФ, Центральная и Восточная Азия, Северная Америка	+	—	—
Карагана древовидная	Сибирский регион (Западная Сибирь, Саяны, Алтай), Южный Урал, Дальний Восток, Средняя Азия (Казахстан), Кавказ, Монголия	+	+	+
Кизильник блестящий	Юг восточной Сибири, озеро Байкал, Китай	+	+	+
Курильский чай	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Алтае-Саянская горная область, горы Средней Азии, Монголия, Китай, Япония	+	—	—
Лох серебристый	Северная Америка	+	—	—
Пузыреплодник калинолистный	Северная Америка	+	+	+
Сирень венгерская	Карпаты, Румыния, Венгрия, Украина	+	+	+
Сирень обыкновенная	Дальний Восток, южная часть Приморского края, Северная Корея, Китай	+	+	+
Смородина черная	Центральная и Северная Европа, Северная Азия	+	+	+
Смородина красная	Европа, Азия, Северная и Южная Америка, Африка	+	+	+
Снежноягодник белый	Северная Америка	+	—	—
Спирея иволистная	Центральная и Восточная Европа, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток России, Китай, Монголии, Японии и на Корейском полуострове	+	—	—
Роза морщинистая	Дальний Восток России; Китай, Япония; Корейский полуострове	+	+	+
Роза иглистая	Северные районы, Урал, Сибирь, Крым, Кавказ, Западная Европа, Северная Америка	+	+	+
Рябинник рябинолистный	Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток России, Монголия, Китая, Японии, Корея	+	+	+
Чубушник венечный	Центральная и Юго-Восточная Европа, Турция	+	+	+

Примечание: «+» – наличие вида; «–» – отсутствие вида.



а



б

Рис. 1. Хвойные породы в озеленении г. Архангельска:

а – пихта сибирская в жилом районе; б – живая изгородь из ели колючей и пузыреплодника обыкновенного



a

б

Рис. 2. Лиственные кустарники североамериканского происхождения:

a – лох серебристый в зимнее время; *б* – начало плодоношения снежногидника белого

Особого внимания заслуживает факт, что виды-интродуценты североамериканского происхождения высокдекоративны как в течение вегетационного периода, так и в зимнее время: орешки липы мелколистной, плоды лоха серебристого, ярко-окрашенные ветви дерена белого, вечнозеленые побеги ели колючей и пр. (рис. 1, 2).

Лиственные породы: липа мелколистная, лох серебристый, тополь бальзамический, арония черноплодная, ирга обильноцветущая, пузыреплодник калинолистный, бузина красная, снежногидник белый, дерен белый и хвойные породы: туя западная, ель колючая, родиной которых является континент Северная Америка, произрастают на территории Архангельской агломерации повсеместно и в хорошем санитарном состоянии.

Систематическая структура, как и географическое происхождение видов, является одним из основных комплексных показателей биологического разнообразия дендрофлоры. Наиболее многочисленное из представленных в агломерации семейств североамериканского происхождения – Розоцветные (*Rosaceae*), оно насчитывает 3 вида. Полагаем, данное семейство наиболее перспективно для дальнейшего поиска новых инорайонных декоративных видов, а также хозяйственно ценных ягодных и плодовых растений родом из Северной Америки.

ВЫВОДЫ

1. В северных условиях первостепенное значение имеет правильный подбор ассортимента пород. При этом необходимо учитывать основную трудность – неблагоприятные почвенно-климатические условия региона. Следует эффективно использовать декоративные деревья и кустарники местной флоры, а также использовать возможности обогащения видового состава зеленых насаждений за счет инорайонных растений.

2. В насаждениях г. Архангельска насчитывается 53 вида арбифлоры, из них деревьев – 24, кустарников – 29. Дендрофлора г. Новодвинска и г. Северодвинска представлена 28 и 32 видами соответственно.

3. Анализ видового разнообразия показал, что количество видов, родиной которых является североамериканский континент составляет 11, 3 из которых – древесные и 8 – кустарниковые формы.

4. Семейство (*Rosaceae*) наиболее перспективно для дальнейшего поиска новых инорайонных декоративных видов, пригодных для выращивания в Архангельской агломерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Александрова Ю. В. Интродукция видов рода *Crataegus* L. в дендрологическом саду имени И. М. Стратоновича // Автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2021. 20 с.
2. Андропова М. М. Рекомендации по приоритетному ассортименту древесных растений для озеленения малых городов и поселков Вологодской области. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2017. 52 с.
3. Антонов А. М., Коноплев Д. С., Пастухова Н. О., Макаров С. С. Создание малоуходных газонов в условиях г. Архангельска // Естественные и технические науки. 2023. № 4(179). С. 137–144.
4. Бабич Н. А., Залывская О. С., Травникова Г. И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов : монография. Архангельск : Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. 144 с.
5. Бабич Н. А., Карбасникова Е. Б., Долинская И. С. Интродуценты и экстраординарные виды в антропогенной среде (на примере г. Вологда) : монография / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2012. 184 с.
6. Ступенчатая интродукция видов дендрофлоры в Северо-Восточную часть Русской равнины (обзор) / Н. А. Бабич, Е. Б. Карбасникова, М. М. Андропова,

О. С. Залывская, Ю. В. Александрова, Г. П. Гаевский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3(381). С. 73–85.

7. Васильева Н. Н., Попова Н. Е. Краткие исторические сведения по использованию инорайонных пород в озеленении города Архангельска за период с 1584 по 1917 гг. // Наука – Северному региону : сб. науч. тр. Вып. 83. Архангельск : Изд-во САФУ, 2010. С. 7–10.

8. Васильева Н. Н., Попова Н. Е. Опыт использования инорайонных пород в условиях города Архангельска / Труды Томского государственного университета. Т. 274. Сер. биологическая: Ботанические сады. Проблемы интродукции. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2010. С. 109–111.

9. Демидова Н. А. Результаты интродукционного испытания представителей рода *Betula L.* Европейской флоры в коллекции дендрологического сада им. В. Н. Нилова / Н. А. Демидова, Т. М. Дуркина, Л. Г. Гоголева, Н. Н. Васильева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 1(66). С. 83–90.

10. Демидова Н. А. Представители семейства сосновые (*Pinaceae Lindl.*) североамериканской флоры в коллекции дендрологического сада ФБУ «СЕВНИИЛХ» / Н. А. Демидова, Т. М. Дуркина, Л. Г. Гоголева, Н. Н. Васильева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 4(382). С. 36–54.

11. Залывская О. С. Оценка декоративности насаждений / О. С. Залывская, Н. А. Бабич // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 6(378). С. 98–110.

12. Залывская О. С., Бабич Н. А., Хамитов Р. С. Таксономическая структура видов дендрофлоры в урбаносистемах Архангельской области // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 2. С. 67–75.

13. Карбасникова Е. Б., Бабич Н. А. Рекомендации по ассортименту древесных и кустарниковых растений для озеленения промышленных городов Вологодской агломерации / Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова. Архангельск : САФУ, 2021. 60 с.

14. Лапин П. И. Интродукция древесных растений в Средней полосе Европейской части СССР (научные основы, методы и результаты) : научный доклад на соискание степени доктора биологических наук. Ленинград, 1974. 142 с.

15. Малаховец П. М., Тисова В. А. Декоративные деревья и кустарники на Севере. Архангельск, 2002. 127 с.

16. Нилов В. Н. Введение новых ценных деревьев и кустарников в культуру на Севере // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: международный симпозиум. М., 1990. Ч. II. С. 140–147.

17. Орлов Ф. Б. Дендрарий Архангельского лесотехнического института // Лесное хозяйство, 1952. № 7. С. 91.

18. Сунгурова Н. Р., Солтани Г. А., Страздаускене С. Р. Особенности фенологии древесных видов на северном и южном пределе их ареалов в условиях интродукционного стресса // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 2. С. 49–58.

19. Феклистов П. А. Насаждения деревьев и кустарников в условиях урбанизированной среды г. Архангельск. Архангельск : Изд-во АГТУ, 2004. 112 с.

20. Семеношение хвойных в условиях интродукции в Г. Архангельске / Р. С. Хамитов, А. М. Антонов, Н. О. Пастухова, И. А. Попкова, А. А. Боровикова // Естественные и технические науки. 2023. № 5(180). С. 182–187.

REFERENCES

1. Aleksandrova Yu.V. Introdukciya vidov roda *Craetagus L.* v dendrologicheskom sadu imeni I. M. Stratonovicha. // Avtoreferat diss. na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata s.-h. nauk. Arhangel'sk, 2021. – 20 s.

2. Andronova M. M. Rekomendacii po prioritnomu assortimentu drevesnyh rastenij dlya ozeleneniya malyh gorodov i poselkov Vologodskoj oblasti. Arhangel'sk : IPC SAFU, 2017. 52 s.

3. Sozдание malouhodnyh gazonov v usloviyah g. Arhangel'ska / A. M. Antonov, D. S. Konoplev, N. O. Pastuhova, S. S. Makarov // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2023. № 4(179). S. 137–144.

4. Babich N. A., Zalyvskaya O. S., Travnikova G. I. Introducenty v zelenom stroitel'stve severnyh gorodov : monografiya. Arhangel'sk : Arhang. gos. tekhn. un-t, 2008. 144 s.

5. Babich N. A., Karbasnikova E. B., Dolinskaya I. S. Introducenty i ekstrakzonal'nye vidy v antropogennoj srede (na primere g. Vologda) : monografiya / Sev. (Arktich.) feder. un-t im. M. V. Lomonosova. Arhangel'sk : IPC SAFU. 2012. 184 s.

6. Stupenchataya introdukciya vidov dendroflory v Severo-Vostochnuyu chast' Russkoj ravniny (obzor) / N. A. Babich, E. B. Karbasnikova, M. M. Andronova, O. S. Zalyvskaya, Yu. V. Aleksandrova, G. P. Gaevskij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2021. № 3(381). S. 73–85.

7. Vasil'eva N. N., Popova N. E. Kratkie istoricheskie svedeniya po ispol'zovaniyu inorajonnyh porod v ozelenenii goroda Arhangel'ska za period s 1584 po 1917 gg. // Nauka – Severnomu regionu : sb. nauch. tr. Vyp. 83. Arhangel'sk : Izd-vo SAFU, 2010. S. 7–10.

8. Vasil'eva N. N., Popova N. E. Opyt ispol'zovaniya inorajonnyh porod v usloviyah goroda Arhangel'ska / Trudy Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. T. 274. Ser. biologicheskaya: Botanicheskie sady. Problemy intro-dukci. Tomsk : Izd-vo Tom. un-ta, 2010. S. 109–111.

9. Demidova N. A. Rezul'taty introdukcionnogo ispytaniya predstavitelej roda *Vetula L.* Evropejskoj flory v kollekcii dendrologicheskogo sada im. V. N. Nilova / N. A. Demidova, T. M. Durkina, L. G. Gogoleva, N. N. Vasil'eva // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'sko-hozyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. 2022. № 1(66). S. 83–90.

10. Demidova N. A. Predstaviteli semejstva sosnovye (*Pinaceae Lindl.*) severoamerikanskoj flory v kollekcii dendrologicheskogo sada FBU "SEVNIILH" / N. A. Demidova, T. M. Durkina, L. G. Gogoleva, N. N. Vasil'eva // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2021. № 4(382). S. 36–54.

11. Zalyvskaya O. S., Babich N. A. Ocenka dekorativnosti nasazhdenij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2020. № 6(378). S. 98–110.

12. Zalyvskaya O. S., Babich N. A., Hamitov R. S. Taksonomicheskaya struktura vidov dendroflory v urbanosistemah Arhangel'skoj oblasti // Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin. 2023. T. 27, № 2. S. 67–75.

13. Karbasnikova E. B., Babich N. A. Rekomendacii po assortimentu drevesnyh i kustarnikovyh rastenij dlya ozeleneniya promyshlennyh gorodov Vologodskoj aglomeracii / Severnyj (Arkticheskij) federal'nyj universitet imeni M. V. Lomonosova. Arhangel'sk : SAFU, 2021. 60 s.

14. Lapin P. I. Introdukciya drevesnyh rastenij v Srednej polose Evropejskoj chasti SSSR (nauchnye osnovy, metody i rezul'taty) : nauchnyj doklad na soiskanie stepeni doktora biologicheskikh nauk. Leningrad, 1974. 142 s.

15. Malahovec P. M., Tisova V. A. Dekorativnye derev'ya i kustarniki na Severe. Arhangel'sk, 2002. 127 s.

16. Nilov V. N. Vvedenie novyh cennyh derev'ev i kustarnikov v kul'turu na Severe // Severnye lesa: sostoyanie, dinamika, antropogennoe vozdejstvie: mezhdunarodnyj simpozium. M., 1990. Ch. II. S. 140–147.

17. Orlov F. B. Dendriy Arhangel'skogo lesotekhnicheskogo instituta // Lesnoe hozyajstvo, 1952. № 7. S. 91.

18. Sungurova N. R., Soltani G. A., Strazdauskene S. R. Osobennosti fenologii drevesnyh vidov na severnom i yuzhnom predele ih arealov v usloviyah introdukcionnogo stressa // Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin. 2023. T. 27, № 2. S. 49–58.

19. Feklistov P. A. Nasazhdeniya derev'ev i kustarnikov v usloviyah urbanizirovannoj sredy g. Arhangel'sk. Arhangel'sk : Izd-vo AGTU, 2004. 112 s.

20. Semenoshenie hvojnyh v usloviyah introdukcii v g. Arhangel'ske / R. S. Hamitov, A. M. Antonov, N. O. Pastuhova, I. A. Popkova, A. A. Borovikova // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2023. № 5(180). S. 182–187.

© Залывская О. С., Шапран К. С., 2024

Поступила в редакцию 28.03.2024

Принята к печати 23.12.2024

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЕЛИ В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА И ВВЕДЕНИЕ ЕЕ ЭКСПЛАНТОВ В КУЛЬТУРУ IN VITRO

Е. С. Мамонтова¹, З. В. Ерохина¹, А. В. Лукина², И. Н. Третьякова²

¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31

E-mail: eliz.mamontova@yandex.ru

²Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН

Российская Федерация, 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50/28

E-mail: culture@ksc.krasn.ru

Аннотация: Проводили исследование урожайности женских шишек в насаждениях ели сибирской в шести районах г. Красноярск. У деревьев ели в трех насаждениях города не было обнаружено шишек. В других районах шишки формировались со средней семенной продуктивностью, однако с очень низким качеством семян, большая часть которых была поражена конобионтами. Введение зародышей полнозернистых семян ели сибирской в культуру in vitro привело к образованию каллусных культур. Авторы отмечают, что для индукции соматического эмбриогенеза необходим отбор деревьев-доноров с высокой урожайностью. Таким образом, ключевой темой статьи является проблема низкой урожайности и качества семян ели сибирской в условиях г. Красноярск, а также подходы к улучшению этой ситуации с помощью введения полнозернистых семян в культуру in vitro.

Ключевые слова: ель сибирская, семенная продуктивность, конобионты, зародыш, соматический эмбриогенез.

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 6, P. 93–97

THE SEED PRODUCTIVITY OF SPRUCE IN THE PLANTATIONS OF KRASNOYARSK AND THE INTRODUCTION OF ITS EXPLANTS INTO CULTURE IN VITRO

E. S. Mamontova¹, Z. V. Erokhina¹, A. V. Lukina², I. N. Tretyakova²

¹Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

E-mail: eliz.mamontova@yandex.ru

²Sukachev Forest Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences –
a separate division of the FITC KNC SB RAS

50/28, Akademgorodok str., 660036, Krasnoyarsk, Russian Federation

E-mail: culture@ksc.krasn.ru

Abstract: In the conducted study, Siberian spruce plantations in six districts of Krasnoyarsk were evaluated, which resulted in the discovery of a very low yield of female cones. In three districts, the formation of cones on spruce was not detected at all. In other areas, cones were formed with average seed productivity, but with very poor seed quality, most of which were affected by conobionts. The introduction of full-grain seeds of Siberian spruce into culture in vitro led to the formation of callus cultures. The authors note that the selection of donor trees with high yields is necessary for the induction of somatic embryogenesis. Thus, the key topic of the article is the problem of low yield and quality of Siberian spruce seeds in the conditions of Krasnoyarsk, as well as approaches to improve this situation by introducing full-grain seeds into culture in vitro.

Keywords: Siberian spruce, seed productivity, conobionts, cones, culture in vitro, callus.

ВВЕДЕНИЕ

Ареал ели сибирской (*Picea obovata*) – занимает значительную часть Сибири: от районов северной Европы до Магаданской области. Высокая декоративность, а также способность ели сибирской произрастать в условиях резко континентального климата, в том числе на почвах с вечной мерзлотой обусловли-

вает ее широкое применение для городского озеленения и ландшафтного дизайна в условиях Сибири.

Репродуктивный потенциал у хвойных видов, в том числе ели сибирской значительно определяется локальными экологическими условиями [1]. В естественных условиях размножение ели сибирской осуществляется через семена, при этом вегетативное размноже-

ние также широко применяется при культивировании этой породы [4; 6]. В последние десятилетия одним из наиболее перспективных методов размножения хвойных видов становится использование технологии соматического эмбриогенеза в культуре *in vitro*, которая позволяет массово тиражировать деревья с селекционно-значимыми признаками. Такая технология уже применялась для культивирования разных видов елей и разными исследовательскими коллективами были получены положительные результаты [5; 11; 12; 14].

Для применения технологии соматического эмбриогенеза большое значение имеет отбор деревьев-доноров, обладающих необходимыми признаками, и получение от них эксплантов (чаще всего для этого используют незрелые зиготические зародыши).

Цель работы заключалась в обследовании ели сибирской, произрастающей в искусственных насаждениях г. Красноярска и получении эмбрионных культур деревьев, устойчивых к произрастанию в неблагоприятных условиях.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проводилось обследование урожайности насаждений ели сибирской, произрастающей на территории г. Красноярска: Академгородок, проспект Свободный (СФУ), проспект Свободный в районе ул. Курчатова, ул. Карла Маркса (район Центрального парка), на просп. им. газеты «Красноярский рабочий» (район Красноярского цирка) и ул. Взлетной (рис. 1).

Определение семенной продуктивности женских шишек проводили по методу, предложенному Сабининым для злаков и модифицированному для хвойных Е. Г. Мининой и И. Н. Третьяковой [7].

$$\text{СП} = \frac{a}{b \cdot 2} \cdot 100 \%,$$

где СП – семенная продуктивность; a – число семян; b – число семенных чешуй. Учитывали элементы строения шишек, составляющие структуру урожая:

длина, ширина женских шишек, число семенных чешуй, число семян, здоровых (полнозернистых), пораженных и пустых. Шишки ели различаются по своей форме, которую можно определить через отношение диаметра (d) к длине (l). Выделяют узкоцилиндрическую ($d/l = 0,20-0,25$), цилиндрическую ($d/l = 0,26-0,30$), широкоцилиндрическую ($d/l = 0,31-0,35$) формы шишек [3].

Здоровые полные семена были введены в культуру *in vitro*. Для поверхностной стерилизации шишки промывали с мылом, обрабатывали раствором 5 % гипохлорита натрия, извлекали семена, собранные на разных стадиях эмбриогенеза – глобулярного зародыша, инициации семядолей, развития семядолей и зрелого зародыша. Поверхностную стерилизацию семян проводили 10 % раствором H_2O_2 в течение 10 мин, затем однократно промывали стерильной дистиллированной водой в течение 10 мин. В асептических условиях зародыши извлекали из мегагаметофитов и инокулировали на питательную среду.

Для инициации соматического эмбриогенеза использовали базовую среду Дурзана (DCR) [12]. Среды дополняли мезоинозитом – 100 мг/л (Sigma-Aldrich, США), гидролизатом казеина – 500–1000 мг/л (Sigma-Aldrich, США), сахарозой 30 г/л и агаром – 7 г/л (Sigma-Aldrich, США). Уровень регуляторов роста составлял: 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) – 2 мг/л (Sigma-Aldrich, США) и 6-бензоаминопурина (6-БАП) – 1 мг/л (Sigma-Aldrich, США). Водородный показатель доводили до значения 5,8 до автоклавирования. Среды автоклавировали при 121 °C в течение 20 мин. В охлажденные питательные среды после автоклавирования добавляли L-глутамин в концентрации 500 мг/л (Sigma-Aldrich, США) и в качестве антиоксиданта аскорбиновую кислоту – 400 мг/л (Sigma-Aldrich, США) методом холодной стерилизации с использованием бактериальных фильтров (TPP, Швейцария, размер пор 0,22 мкм). Культивирование производили в темноте при температуре 24±1 °C.

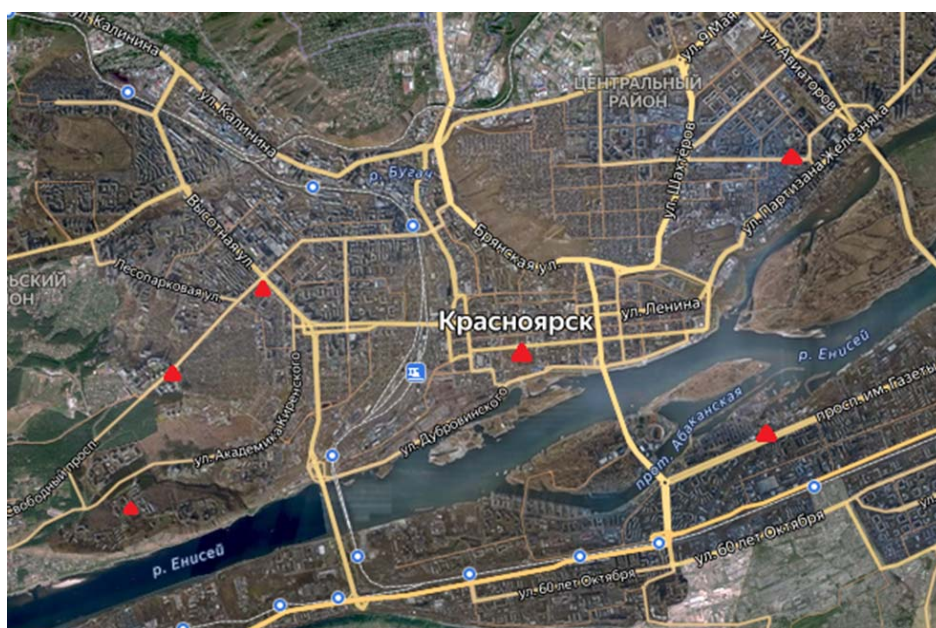


Рис. 1. Места отбора шишек ели сибирской в г. Красноярске

Для контроля качества клеточных линий при субкультивировании проводили цитологические анализы с использованием временных препаратов.

Для приготовления препаратов кусочки полученной ткани помещали на предметное стекло и 2–3 минуты выдерживали в красителе (2 %-ный водный раствор сафранина). Просмотр микроскопических образцов осуществлялся на микроскопе (МИКМЕД-6 ЛОМО с видео насадкой DSM510). Объем выборки составил 3–5 препаратов на каждую клеточную линию. Качественным показателем эмбриогенности культур служило наличие в них даже единичных структур с выраженной полярностью: глобулярного зародыша с суспензором.

Статистическая обработка полученных материалов проводилась общепринятыми методами (Рокицкий, 1978; Лакин, 1990). Полученные данные обрабатывались при помощи программ «Microsoft Office Excel» и «Statistica 6.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обследования насаждений ели сибирской в г. Красноярске была описана половая репродукция ели в 6 районах. В районе Центрального пар-

ка, улицы Взлетной и Красноярского цирка шишки ели сибирской урожая 2023 года не были обнаружены. В остальных обследованных районах на деревьях формировались единичные женские шишки. В этих районах длина и ширина шишек ели значительных колебаний не претерпевали (табл. 1). Семенная продуктивность женских шишек была удовлетворительной и колебалась от 48 до 60 %. Однако качество семян составило очень низкую величину. Большая часть семян была поражена конобионтами (67 %) и оказались пустыми (18 %) И только единичные семена были полнозернистыми и имели зародыш.

Семена, содержащие зародыши на предсемядольной стадии были введены в культуру *in vitro* на среду DCR. Через 1,5 месяца культивирования частота формирования каллуса у ели сибирской на среде DCR в среднем составила 71,0 %, (табл. 2).

У значительного числа эксплантов формировался плотный каллус (рис. 2, а). У 11 % эксплантов образовывался рыхлый каллус белого или желтого цвета (рис. 2, б). Плотный каллус состоял из изодиаметрических клеток (рис. 3, а, б, в), рыхлый – из удлинённых клеток (рис. 3, г).

Таблица 1

Показатели семенной продуктивности ели сибирской в г. Красноярске

	Размер шишки, мм		Количество семенных чешуй, шт.	Количество семян, шт.				Семенная продуктивность %
	длина	ширина		здоровые	пораженные	сухие	всего	
Проспект Свободный (СФУ – ост. Сады) – Контроль								
	80,6±3	26,6±1	91±3	66±7	20±3	2±1	88±5	48,35
Проспект Свободный (ост. ул. Курчатова)								
	81,5±4	19,0±1	86±1	14±13	72±15	19±5	104±6	60, 48
Академгородок								
	72,7±2	22,3±3	84±1	0	49±5	38±1	87±5	51,75
Просп. им. газеты «Красноярский рабочий» (район Красноярского цирка)								
	0	0	0	0	0	0	0	0
Ул. Карла Маркса (Центральный парк)								
	0	0	0	0	0	0	0	0
Ул. Взлетная								
	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого			878	359	391	160	910	
Среднее	78,4	23,8	88	36	39	16	93	52,17
Коэф. вариации	1,48	1,51	1,48	2,21	1,79	2,32	1,49	
Точность опыта	0,95	0,99	0,95	2,12	1,4	2,35	0,97	

Таблица 2

Показатели формирования каллуса у ели сибирской в культуре *in vitro*

№	Введено в культуру, шт.	Формирование каллуса, шт.	Частота формирования каллуса, %
1	26	13	50,0
2	31	16	51,6
3	27	20	74,1
4	15	14	93,3
5	28	24	85,7
Среднее	25	17	71,0
Итого	144	87	

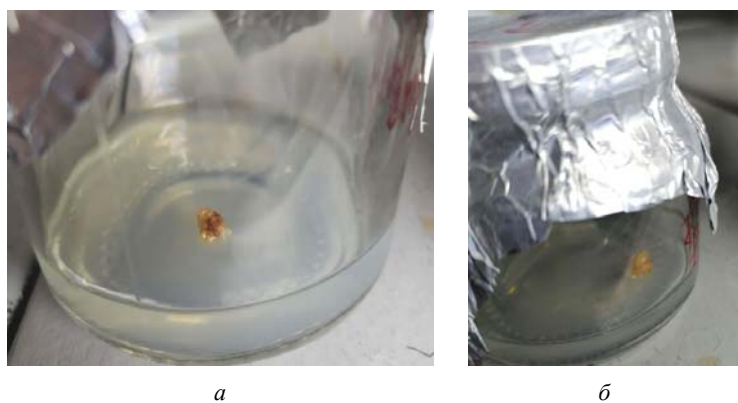


Рис. 2. Формирование каллуса: а – плотного; б – рыхлого

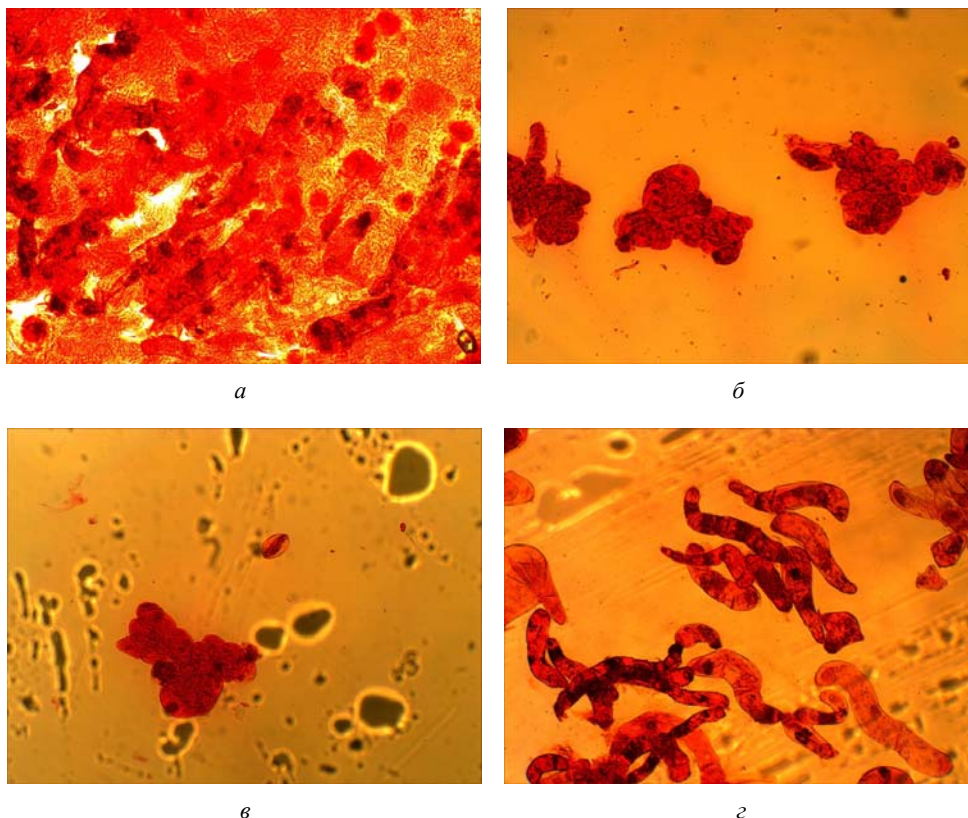


Рис. 3. Клеточное строение образовавшихся каллусов: а, б, в – плотного; г – рыхлого

Цитологический анализ показал, что плотный каллус состоял из изодиаметрических клеток диаметром $60 \pm 3,5$ мкм. Рыхлый каллус имел удлиненные клетки, длиной 100 мкм. Согласно имеющимся литературным данным, клетки рыхлого каллуса могут предшествовать образованию соматических зародышей [5; 9; 12; 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения комплексной оценки насаждений в 6 районах г. Красноярска была выявлена очень низкая урожайность женских шишек. В трех районах характеризующихся наибольшим уровнем атмосферного загрязнения формирование шишек у ели не обнаружено. В других формировались единичные шишки с удовлетворительной семенной продуктивностью, но очень низким качеством семян. Значительная часть семян (до 67 %) была поражена конобионтами.

Введение семян в культуру *in vitro* позволило получить каллусные культуры ели сибирской.

Отбор в городских популяциях деревьев, устойчивых к высокому уровню атмосферного загрязнения и использование их как доноров для индукции соматического эмбриогенеза, позволит получить клоны, пригодные для озеленения крупных промышленных городов Сибири.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Братилова Н. П. Лесное семеноводство (на примере лесобразующих пород Сибири). Красноярск : СибГТУ, 2004. 98 с.
2. Владимирова О. С., Муратова Е. Н. Кариологические особенности ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в условиях антропогенного загрязнения г. Красноярска // Эколог, генетика, 2005. Т. 3, № 1. С. 18–23.

3. Говорин Г. М. Качество семян ели сибирской // Проблемы лесовосстановления в таежной зоне СССР : тез. докл. Всесоюз. конф. Красноярск : ИЛИД СО АН СССР, 1988. С. 56–58.
4. Ермаков Б. С. Размножение ели серебристой методом черенкования. М., 1979. 60 с. (Экспресс-информ. № 9).
5. Железниченко Т. В., Новикова Т. И. Влияние аскорбиновой кислоты и глутатиона на индукцию соматического эмбриогенеза *Picea pungens* Engelmann // Turczaninowia, 2017. Т. 20, № 3. С. 27–35.
6. Ковалев М. С. Вегетативное размножение ели методом черенкования. Южно-Сахалинск, 1985.
7. Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск : Наука, 1983. 198 с.
8. Регенерационная способность клеточных линий лиственницы сибирской в культуре *in vitro* / И. Н. Третьякова, М. Э. Пак, Н. В. Орешкова, В. Е. Падутов // Известия РАН. Серия биол. 2022. № 6. С. 585–596.
9. Индукция соматического эмбриогенеза у ели сибирской (*Picea obovata*) в культуре *in vitro* / И. Н. Третьякова, М. Э. Пак, А. П. Пахомова, И. С. Шевелева, Е. Н. Муратова // Вестник Томск. гос. ун-та. Биология, 2021. № 54. С. 6–20.
10. Фирсов Г. А., Орлова Л. В. Хвойные в Санкт-Петербурге. СПб. : Изд-во «Дом садовой литературы», 2019. 492 с.
11. Chalupa W. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from cultured immature and mature embryos of *Picea abies* (L.) // Karst. Com. Inst. For. Cech. 1985. Vol. 14, p. 57.
12. Hakman I., Fowke L. C., von Arnold S. The development of somatic embryos in tissue cultures initiated from immature embryos of *Picea abies* (Norway spruce) // Plant Sci. 1985. Vol. 38, pp. 53–59. Doi: 10.1016/0168-9452(85)90079-2.
13. Tret'yakova I. N., Park M. E. Somatic polyembryogenesis of *Larix sibirica* in embryogenic *in vitro* culture // Russian Journal of Developmental Biology. 2018. Vol. 49, no. 4. pp. 222–233. Doi: 10.1134/S1062360418040069.
14. Vondrakova Z., Dobrev P. I., Pesek B., Fischerova L., Vagner M. and Motyka V. Profiles of endogenous phytohormones over the course of Norway spruce somatic embryogenesis // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9, p. 1283. Doi: 10.3389/fpls.2018.01283.
3. Govorin G. M. Kachestvo semyan eli sibirskoj // Problemy lesovosstanovleniya v taezhnoj zone SSSR : tez. dokl. Vsesoyuz. konf. Krasnoyarsk : ILiD SO AN SSSR, 1988. S. 56–58.
4. Ermakov B. S. Razmnozhenie eli serebristoj metodom cherenkovaniya. M., 1979. 60 s. (Ekspress-inform. № 9).
5. Zheleznichenko T. V., Novikova T. I. Vliyanie askorbinovoj kisloty i glutationa na indukciyu somaticheskogo embriogeneza *Picea pungens* Engelmann // Turczaninowia. 2017. T. 20, № 3. S. 27–35.
6. Kovalev M. S. Vegetativnoe razmnozhenie eli metodom cherenkovaniya. Yuzhno-Sahalinsk, 1985.
7. Minina E. G., Tret'yakova I. N. Geotropizm i pol u hvoynih. Novosibirsk : Nauka, 1983. 198 s.
8. Tret'yakova I. N., Pak M. E., Oreshkova N. V., Padutov V. E. Regeneracionnaya sposobnost' kletochnyh linij listvennicy sibirskoj v kul'ture *in vitro* // Izvestiya RAN. Seriya biol. 2022. № 6. S. 585–596.
9. Tret'yakova I. N., Pak M. E., Pahomova A. P., Sheveleva I. S., Muratova E. N. Indukciya somaticheskogo embriogeneza u eli sibirskoj (*Picea obovata*) v kul'ture *in vitro* // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2021. № 54. S. 6–20.
10. Firsov G. A., Orlova L. V. Hvoynye v Sankt-Peterburge. SPb. : Izd-vo "Dom sadovoj literatury", 2019. 492 s.
11. Chalupa W. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from cultured immature and mature embryos of *Picea abies* (L.) // Karst. Com. Inst. For. Cech. 1985. Vol. 14. P. 57.
12. Hakman I., Fowke L.C., von Arnold S. The development of somatic embryos in tissue cultures initiated from immature embryos of *Picea abies* (Norway spruce) // Plant Sci. 1985. Vol. 38, pp. 53–59. Doi: 10.1016/0168-9452(85)90079-2.
13. Tret'yakova I. N., Park M. E. Somatic polyembryogenesis of *Larix sibirica* in embryogenic *in vitro* culture // Russian Journal of Developmental Biology. 2018. Vol. 49, No. 4, pp. 222–233. Doi: 10.1134/S1062360418040069.
14. Vondrakova Z., Dobrev P. I., Pesek B., Fischerova L., Vagner M., Motyka V. Profiles of endogenous phytohormones over the course of Norway spruce somatic embryogenesis // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9, p. 1283. Doi: 10.3389/fpls.2018.01283.

REFERENCES

1. Bratilova N. P. Lesnoe semenovodstvo (na primere lesoobrazuyushchih porod Sibiri). Krasnoyarsk : SibGTU, 2004. 98 s.
2. Vladimirova O. S., Muratova E. N. Kariologicheskie osobennosti eli sibirskoj (*Picea obovata* Ledeb.) v usloviyah antropogennogo zagryazneniya g. Krasnoyarska // Ekolog, genetika, 2005. T. 3, № 1. S. 18–23.

Работа выполнена в рамках базового проекта «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты» (2024–2026 гг.) FWES-2024-0028. Регистрационный номер НИОКТР 124012900557-0.

© Мамонтова Е. С., Ерохина З. В., Лукина А. В., Третьякова И. Н., 2024

АВТОРСКАЯ ССЫЛКА

Авдеева Е. В. Влияние техногенных воздействий на жизненное состояние кустарников в условиях урбанизированной среды (на примере города Красноярска), с. 79–84

Аксянова Т. Ю., см. Ступакова О. М.

Бессчетнов В. П., см. Бессчетнова Н. Н.

Бессчетнова Н. Н., Содержание и баланс запасных веществ в побегах магонии падуболистной при интродукции в Нижегородскую область, с. 23–33

Буторова О. Ф., см. Матвеева Р. Н.

Выводцев Н. В. Нормативы для таксации древостоев клена зеленокорого, с. 59–64

Выходцев С. М., см. Выводцев Н. В.

Вышегородцев А. В., см. Бессчетнова Н. Н.

Гнаткович П. С., см. Рунова Е. М.

Грек В. С., см. Выводцев Н. В.

Григорьева С. О. Плодоношение маточных деревьев яблони, использованных для гибридизации в ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского, с. 65–70

Елисеев С. Г., см. Матвеева Р. Н.

Ерохина З. В., см. Мамонтова Е. С.

Жариков В. Ю., см. Выводцев Н. В.

Залывская О. С. Видовое разнообразие североамериканской дендрофлоры в Архангельской агломерации, с. 85–92

Иванов Д. В., см. Авдеева Е. В.

Клевцов Д. Н., см. Коновалова И. С.

Коломыцев М. В., см. Григорьева С. О.

Коновалов В. Ф. Оценка генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной

на лесосеменных плантациях в Башкирском Предуралье, с. 34–43

Коновалов Д. Ю., см. Коновалова И. С.

Коновалова И. С. Фитоценотический подход к оценке трансформации культурфитоценозов в северной части Восточно-Европейской равнины, с. 71–78

Лукина А. В., см. Мамонтова Е. С.

Мамонтова Е. С. Семенная продуктивность ели в насаждениях города Красноярска и введение ее эксплантов в культуру *in vitro*, с. 93–97

Матвеева Р. Н. Всеволод Михайлович Крутовский – создатель ботанического сада, с. 7–10

Матвеева Р. Н., см. Григорьева С. О.

Маякова А. А., см. Бессчетнова Н. Н.

Моксина Н. В., см. Григорьева С. О.

Рафикова Д. А., см. Коновалов В. Ф.

Рунова Е. М. Оценка перспективности декоративных форм и сортов сосны горной (*Pinus Mugo*) для озеленения городов Сибири, с. 14–22

Станого С. И., см. Выводцев Н. В.

Ступакова О. М. Селекционная оценка сортов тополя, с. 44–49

Сунгурова Н. Р., см. Бессчетнова Н. Н.

Титов Е. В. Пыльцесмесь – показатель разнокачественности родителей при гибридизации кедра сибирского, с. 50–58

Ткаченко Н. Г., см. Выводцев Н. В.

Третьякова И. Н., см. Мамонтова Е. С.

Шапран К. С., см. Залывская О. С.

AUTHOR'S LINK

Aksyanova T. Yu., see Stupakova O. M.

Avdeeva E. V. Influence of technogenic impacts on the vital state of bushes in an urbanised environment (on the example of Krasnoyarsk), p. 79–84

Besschetnov V. P., see Besschetnova N. N.

Besschetnova N. N. The content and balance of spare substances in the common ninebark shoots during introduction to the Nizhny Novgorod region, p. 23–33

Butorova O. F., see Matveeva R. N.

Eliseev S. G., see Matveeva R. N.

Erokhina Z. V., see Mamontova E. S.

Gnatkovich P. S., see Runova E. M.

Grekh V. S., see Vyvdtsev N. V.

Grigorieva S. O. Fruit-bearing of rotherhood apple trees used for hybridization at the Vs. Krutovsky botanical garden, p. 65–70

Ivanov D. V., see Avdeeva E. V.

Klevtsov D. N., see Konovalova I. S.

Kolomytsev M. V., see Grigorieva S. O.

Konovalov D. Yu., see Konovalova I. S.

Konovalov V. F. Assessment of genetic variability of scots pine plus trees on forest-seed plantations in Bashkir Cis-Urals, p. 34–43

Konovalova I. S. Phytocenotic approach to assessing the transformation of forest crops in the northern part of the East European plain, p. 71–78

Lukina A. V., see Mamontova E. S.

Matveeva R. N. Vsevolod Mikhailovich Krutovsky – creator of the botanical garden, p. 7–10

Mamontova E. S. The seed productivity of spruce in the plantations of Krasnoyarsk and the introduction of its explants into culture *in vitro*, p. 93–97

Matveeva R. N., see Grigorieva S. O.

Mayakova A. A., see Besschetnova N. N.

Moksina N. V., see Grigorieva S. O.

Rafikova D. A., see Konovalov V. F.

Runova E. M. Assessment of the prospects of decorative forms and varieties of mountain pine (*Pinus mugo*) for greening of Siberian cities, p. 14–22

Shapran K. S., see Zalivskaya O. S.

Stanoga C. I., see Vyvdtsev N. V.

Stupakova O. M. Selection assessment of poplar varieties, p. 44–49

Sungurova N. R., see Besschetnova N. N.

Titov E. V. Pollen mixture as an indicator of the heterogeneity of parents during hybridization of pinus siberica, p. 50–58

Tkachenko N. G., see Vyvdtsev N. V.

Tretyakova I. N., see Mamontova E. S.

Vykhodtsev C. M., see Vyvdtsev N. V.

Vyshegorodtsev A. V., see Besschetnova N. N.

Vyvdtsev N. V. Discharge volume scale for inventory of green maple stands, p. 59–64

Zalivskaya O. S. Species diversity of representatives of the north american dendroflora in the Arkhangelsk agglomeration, p. 85–92

Zharikov V. Yu., see Vyvdtsev N. V.

