

References

1. Zhitenev L.S. Opyt okhrany lesov ot pozharov v lentochnykh borakh. – M.: Lesnaya promyshlennost', 1969. – 40 s.
2. Arkhipov V.A., Arkhipov E.V. Nauchnyi otchet po issledovaniyu lesnykh pozharov v lentochnykh borakh Priirtysh'ya. Fond biblioteki KazNIIKKhA. – Astana, 2014. – 165 s.
3. Gribanov L.N. Bor'ba s lesnymi pozharami, vznikayushchimi ot grozovykh razryadov // Lesnoe khozyaistvo. – 1953. – № 4 – S. 64-65.
4. Tkachenko M.E. Obshchee lesovodstvo. – M., 1939. – 600 s.
5. Kostin S.I. Osnovy meteorologii i klimatologii. – M.: Gidrometizdat, 1951. – 86 s.
6. Uspenskii S.N. Zagoranie lesa ot molnii i mery preduprezhdeniya pozharov v lentochnykh borakh Priirtysh'ya / Trudy KazNIIKKhA. – Alma-Ata, 1959. – T.II. – S. 237-267.
7. Uspenskii S.N., Musin M.Z. Dinamika lesnykh pozharov v lesakh Kazakhskogo melkoso-pochnika / Trudy KazNIIKKhA. – Alma-Ata: Kainar. – 1967. – T. VI. – S. 296-300.



УДК 630*232.1+630*812

В.Н. Марущак, С.А. Максимов
V.N. Marushchak, S.A. Maksimov

**НАСЛЕДУЕМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ
 У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ**

HERITABILITY OF MECHANICAL PROPERTIES OF SCOTS PINE WOOD IN PROVENANCE TRIALS

Ключевые слова: сосна обыкновенная, Республика Казахстан, географические культуры, высота ствола, диаметр ствола, процент поздней древесины, плотность древесины, пределы прочности при сжатии и скалывании вдоль волокон, наследуемость механических свойств древесины.

Многолетние исследования показывают, что происхождение посевного материала отражается как на росте, состоянии и долговечности первого поколения лесных культур, так и последующих поколений. Для Казахстана наиболее ценной древесной породой для создания искусственных насаждений является сосна обыкновенная. Сеть географических культур сосны обыкновенной была создана в Казахстане 60-70-е годы XX в. На этих культурах проводилось изучение темпов роста в высоту и диаметра ствола, механических свойств древесины сосны различного происхождения и ее устойчивости к метеорологическим условиям. Полученные в результате этой работы данные позволяют дать оценку наследуемости различных биологических показателей у сосны обыкновенной. Оказалось, что количественные показатели наследуемости темпов роста в высоту и по диаметру ствола у сосны равны соответствующим показателям у сортов культурного перекрестно-опыляющегося растения. Из механических свойств древесины изучались плотность, процент поздней

древесины, пределы прочности при скалывании и сжатии вдоль волокон. По ГОСТу отбирались образцы древесины каждого происхождения. После статистической обработки данных выяснилось, что различия между происхождениями по проценту поздней древесины и по пределам прочности не являются достоверными, достоверны только различия между происхождениями по плотности древесины и по отношению прочности к плотности. Приводятся результаты оценки наследуемости у сосны по этим показателям. Сделан вывод, что свойства древесины сосны обыкновенной в географических культурах Казахстана в значительно меньшей степени, чем темпы роста в высоту и по диаметру ствола, передаются по наследству следующим поколениям.

Keywords: Scots pine, Republic of Kazakhstan, provenance trials, bole height, stem diameter, late-wood percentage, wood density, wood ultimate compressive strength, wood ultimate split strength, heritability of wood mechanical properties.

Long-term studies show that the origin of the seed is associated with the growth, condition and durability of the first generation of forest plantations and subsequent generations. Scots pine is the most valuable tree species for creating forest stands in Kazakhstan. Scots pine provenance trials were established in Kazakhstan in the 1960s and 1970s.

Those provenance trials were used to study the rates of height growth and stem diameter growth, wood mechanical properties of a provenance and resistance to weather conditions. The obtained data enable evaluating the heritability of various biological indices of Scots pine. It was found that the heritability of the quantitative indices of growth rates in height and stem diameter of pine were equal to those of a cultural cross-pollinated varieties. The following mechanical properties of wood were studied: wood density, late-wood percentage, wood ultimate split strength and wood ultimate compressive strength. Wood samples were taken from each

provenance according to GOST (Natl. Standard). Statistical processing of data was revealed that the difference between the provenances in late-wood percentage and ultimate strength were not statistically significant. Statistically significant differences between the provenances were found only in terms of wood density and strength to density ratio. The evaluation results of the heritability of those indices in Scots pine are presented. It is concluded that the wood properties of Scots pine in the provenance trials of Kazakhstan are inherited to a lesser degree than height and diameter growth rates by the following generations.

Марущак Валерий Николаевич, к.с.-х.н., н.с., Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург. Тел.: (343) 266-55-62. E-mail: valn-ma@yandex.ru.

Максимов Сергей Алексеевич, к.б.н., н.с., Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург. Тел.: (343) 266-55-62. E-mail: valn-ma@yandex.ru.

Marushchak Valeriy Nikolayevich, Cand. Agr. Sci., Staff Scientist, Botanical Garden, Ural Branch of Rus. Acad. of Sci., Yekaterinburg. Ph.: (343) 266-55-62. E-mail: valn-ma@yandex.ru.

Maksimov Sergey Alekseyevich, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Botanical Garden, Ural Branch of Rus. Acad. of Sci., Yekaterinburg. Ph.: (343) 266-55-62. E-mail: valn-ma@yandex.ru.

Введение

В регионах с выраженными периодическими засухами все более важный вклад в общую продуктивность экосистем вносят плантации видов сосен [1, 2]. На динамику углерода в искусственно созданных насаждениях оказывает влияние целый ряд факторов, в том числе генетические особенности материала, используемого для создания плантаций [2]. Поэтому большое значение имеет изучение происхождений в опытах с географическими культурами тех древесных пород, на основе которых предполагается создать искусственные насаждения в данном регионе. Сеть географических культур сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L. была создана в 60-70-е годы XX в. в Казахстане [3]. Для Казахстана с резко континентальным климатом и сильными регулярными засухами сосна обыкновенная является наиболее продуктивной и наиболее ценной в хозяйственном отношении древесной породой.

В.Н. Марущак принимал участие в создании географических культур сосны и изучении ее роста в Казахстане. При исследованиях, помимо других биологических особенностей происхождений, изучали механические свойства древесины в географических культурах [3]. В ходе работы появилась возможность дать оценку наследуемости механических свойств древесины сосны. Представлена наследуемость механических показателей древесины на примере географических культур сосны обыкновенной в Казахстане.

В настоящее время среди отечественных исследователей наблюдается явное повышение интереса к оценке наследуемости хозяйственно ценных признаков у основных лесобразующих пород России, в том числе к оценке наследуемости свойств древесины

[4-7]. В малолесных районах, к которым относится Казахстан, вопрос о степени наследуемости механических свойств древесины во вновь создаваемых плантациях сосны имеет и практическое значение [3]. Большая работа по определению наследуемости темпов роста у сосны обыкновенной и ели сибирской была выполнена в Пермском крае [6]. К удивлению авторов у сосны было получено даже пониженное качество потомства, а у ели сибирской – примерно одинаковое у самых высоких деревьев по сравнению со средними, что они объясняют действием стабилизирующего отбора в ценопопуляциях этих пород [6]. По нашему мнению, данное заключение ошибочно, поскольку естественный отбор должен действовать в течение нескольких поколений, чтобы его действие можно было ощутить. Для сосны обыкновенной характерно почти полное отсутствие улучшения признаков при отборе по фенотипу [8]. На наш взгляд, это не эволюционная случайность, а такая особенность генотипа сосны, которая позволяет этому виду занимать огромный ареал. Генетической конституции сосны обыкновенной свойственна большая дистанция между генотипом и фенотипом, и соответственно, очень широкая норма реакции. В геноме сосны заложен огромный спектр возможных путей онтогенеза для отдельных индивидуумов, которые могут включаться или выключаться под действием внешних факторов [12]. Благодаря такой организации генетической системы у сосны обыкновенной трудно выяснить степень наследуемости, наблюдая за потомством отдельных индивидуумов. Однако наследуемость в популяциях сосны можно определить исходя из самого общего определения наследуемости [10], приложением которого к

популяциям лесных пород являются методики В.М. Роне [11] и С.А. Петрова [8]. Приведенные результаты были получены с помощью ранее представленного метода [9].

Цель исследований – изучить механические свойства древесины сосны обыкновенной в географических культурах и их наследственность.

Задача – изучить рост и механические свойства древесины в географических культурах сосны обыкновенной, произрастающих в степной зоне Кустанайской и Кокчетавской областей Республики Казахстан.

Объекты исследований

Географические культуры сосны, в которых изучались механические свойства древесины, относятся к Кустанайской области (Аракарагайский лесхоз), леса которой приурочены к Убагано-Ишимскому району степной зоны Казахстана. Естественные насаждения сосны обыкновенной встречаются здесь в виде островных боров. Географические культуры сосны в Кокчетавской области (Щучинский район) относятся к зоне степных сосняков Кокшетау-Мунчактинских холмогорий и скального мелкосопочника, для которой характерны сосновые леса с участием лиственных пород.

Климат этих областей резко континентальный, характеризуется жарким и сухим летом, которое сменяется холодной и малоснежной зимой.

Образцы для изучения механических свойств древесины брались у 30 деревьев каждого происхождения сосны в возрасте 25 лет. Полученные образцы изучались в лаборатории древесиноведения Уральского лесотехнического университета (УГЛТУ).

Методика исследований

По определению наследуемость (Н) можно выразить [10]:

$$H = \frac{Vg}{Vt} = \frac{Vg}{Vg + Ve},$$

где Vt – общая фенотипическая дисперсия (дисперсия);

Vg – доля фенотипической дисперсии, обусловленной генетическими различиями между особями;

Ve – доля фенотипической дисперсии, обусловленной различиями в условиях развития и существования особей.

Расчленение общей фенотипической дисперсии на генетическую и средовую компоненту является сложной задачей. В генетике существует много методов разделения генетических и средовых факторов в фенотипической дисперсии данного вида и, соответ-

венно, много методов определения коэффициента наследуемости [10].

Для географических культур сосны, выращенных в одинаковых экологических условиях из семян, взятых в географически разобщенных материнских популяциях, подходит следующая упрощенная формула наследуемости:

$$H^2 = 1 - \frac{\lim_{cl}}{\lim_p},$$

где \lim_{cl} – усредненное значение интервалов изменчивости признака в клонах;

\lim_p – интервал изменчивости того же признака в пределах всей популяции [11, 12].

Для сосны обыкновенной характерно почти полное отсутствие улучшения признаков при отборе по фенотипу [6, 8]. Из этого следует, что вышеприведенную формулу можно использовать для определения показателя наследуемости у данной породы, поскольку испытываемые происхождения с точки зрения передачи фенотипических признаков индивидуальными особями ведут себя как клоны. Наследуемость свойств древесины сосны мы определяли по данной формуле, заменив \lim_{cl} на среднюю дисперсию индивидуальной изменчивости внутри происхождений, а \lim_p – на дисперсию межпопуляционной изменчивости признака.

Результаты и их обсуждение

В таблицах 1 и 2 приведены биометрические показатели культур сосны обыкновенной, которые выращивались на участках географических культур в Урумкайском (в настоящее время Щучинском) лесхозе Кокчетавской области и в Аракарагайском лесхозе Кустанайской области. Из показателей свойств древесины были изучены процент поздней древесины, плотность, предел прочности при сжатии вдоль волокон, предел прочности при скалывании вдоль волокон: радиальный и тангентальный. После обработки материалов выяснилось, что изученные нами происхождения достоверно различаются между собой только по плотности древесины и по соотношению ее прочности и плотности. При этом использовалось отношение предела прочности при сжатии вдоль волокон к плотности древесины [3]. Для того чтобы различия между происхождениями по проценту поздней древесины и по пределам прочности были достоверными, величина проб, очевидно, должна составлять не менее 100. Для сравнения приводятся также данные, характеризующие темп роста происхождений в географических культурах Щучинского и Аракарагайского лесхозов, которые были получены на основе статистической обработки первичных материалов.

Таблица 1

Биометрические показатели культур в Урумкайском лесхозе Кокчетавской области

Происхождение: область – лесхоз	Высота ствола, м	Плотность, кг/м ²	Предел прочности / плотность древесины
Кокчетавская – Бармашинский	9,32 ± 0,04	386,77 ± 4,09	0,691
Кустанайская – Аракарагайский	9,77 ± 0,08	438,7 ± 3,50	0,754
Павлодарская – Баян-Аульский	8,58 ± 0,09	451,33 ± 4,26	0,635
Челябинская – Нязепетровский	8,38 ± 0,03	442,0 ± 3,29	0,638

Таблица 2

Биометрические показатели культур в Аракарагайском лесхозе Кустанайской области

Происхождение: область – лесхоз	Высота ствола, м	Плотность, кг/м ²	Предел прочности / плотность древесины
Курганская – Звериноголовской	7,59 ± 0,09	446,36 ± 6,96	0,753
Оренбургская – Бузулукский	8,56 ± 0,07	421,55 ± 7,63	0,808
Карагандинская – Каркаралинский	8,08 ± 0,08	466,95 ± 8,28	0,693
Кустанайская – Аракарагайский	8,51 ± 0,17	407,35 ± 5,01	0,770

Таблица 3

Наследуемость биометрических показателей сосны в географических культурах Урумкайского лесхоза Кокчетавской области

Показатели	Высота ствола	Диаметр ствола на высоте груди	Плотность древесины	Предел прочности / плотность древесины
Коэффициент наследуемости	0,58	0,29	0,29	0,09

Таблица 4

Наследуемость биометрических показателей сосны в географических культурах Аракарагайского лесхоза Кустанайской области

Показатели	Высота ствола	Диаметр ствола на высоте груди	Плотность древесины	Предел прочности / плотность древесины
Коэффициент наследуемости	0,36	0,54	0,21	-

В таблицах 3 и 4 приведены данные о наследуемости темпов роста у сосны и тех свойств древесины, для которых имеет смысл количественное определение наследуемости с использованием представленного выше метода. Если для темпов роста наблюдаются такие же значения наследуемости, как у сортов перекрестноопыляющихся культурных растений, определенные другими методами [9], то для свойств древесины наследуемость в среднем заметно ниже. Подобные данные были получены и для других древесных пород [13].

Выводы

1. Наследуемость механических свойств древесины сосны обыкновенной в географических культурах Казахстана заметно меньше, чем наследуемость темпов роста у сосны.

2. Для установления наследуемости таких механических свойств древесины, как процент поздней древесины и прочность древе-

сины сосны, требуются дополнительные исследования.

3. Достоверные различия между изучаемыми происхождениями сосны обыкновенной наблюдаются по плотности древесины и по отношению прочности к плотности. Дальнейшие исследования могут выявить различия между происхождениями и по прочности древесины.

Библиографический список

1. Ducci F., Guidi G. I pini della sez. halepensis, selezione e possibilita di impiego di specie e provenienze per l'Italia // Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. – 1998. – Vol. 29. – P. 58-67.
2. Bracho R., Starr G., Gholz H., Martin T.A., Cropper W.P., Loeschner H.W. Controls on carbon dynamics by ecosystem structure and climate for southeastern U.S. slash pine plantations // Ecological Monographs. – 2012. – Vol. 82 (1). – P. 101-182.

3. Марущак В.Н. Биологическая характеристика климатипов сосны обыкновенной в Казахстане: дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург: Ботанический сад УрО РАН, 2007. – 186 с.
4. Видякин А.И., Тараканов В.В. Оценка наследуемости и точности идентификации фенотипов окраски семян у сосны обыкновенной // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 10. – С. 98-100.
5. Реуцкая В.В., Арефьев Ю.Ф. Генетическое разнообразие в лесных экосистемах среднерусской лесостепи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 10 (72). – С. 33-37.
6. Рогозин М.В. Наследуемость высоты у сосны у сосны обыкновенной и ели сибирской в Пермском крае // Хвойные бореальные зоны. – 2010. – XXVI. – № 1-2. – С. 180-184.
7. Корчагов С.А., Хамитов Р.С., Грибов С.Е., Авдеев Ю.М., Щекалев Р.В. Количественные показатели древесины и их наследуемость в клоновой популяции ели обыкновенной // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2009. – С. 119-123.
8. Райт Д.В. Введение в лесную генетику. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 470 с.
9. Марущак В.Н., Максимов С.А. Наследуемость основных хозяйственно-ценных признаков у сосны обыкновенной на примере географических культур сосны Кокчетавской области Республики Казахстан // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 8 (82). – С. 45-48.
10. Айала Ф. Введение в популяционную и эволюционную генетику. – М.: Мир, 1982. – С. 144-153.
11. Роне В.М. Генетический анализ лесных популяций. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
12. Петров С.А. Рекомендации по использованию генетико-статистических методов в селекции лесных пород на продуктивность. – Воронеж, 1984. – 42 с.
13. Leclercq A. Influence of Beechwood anatomical features upon its physico-mechanical properties. Proc. / UFRO working party 5.5.01.02, Oxford, 8-16 April, 1980, no. 131, 33-47.
2. Bracho R., Starr G., Gholz H., Martin T.A., Cropper W.P., Loeschner H.W. Controls on carbon dynamics by ecosystem structure and climate for southeastern U.S. slash pine plantations // Ecological Monographs. – 2012. – Vol. 82 (1). – P. 101-182.
3. Marushchak V.N. Biologicheskaya kharakteristika klimatipov sosny obyknovennoi v Kazakhstane: dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Ekaterinburg: Botanicheskii sad UrO RAN, 2007. – 186 s.
4. Vidyakin A.I., Tarakanov V.V. Otsenka nasleduemosti i tochnosti identifikatsii fenov okraski semyan u sosny obyknovennoi // Agrarnyi vestnik Urala. – 2009. – № 10. – S. 98-100.
5. Reutskaya V.V., Aref'ev Yu.F. Geneticheskoe raznoobrazie v lesnykh ekosistemakh srednerusskoi lesostepi // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2010. – № 10 (72). – S. 33-37.
6. Rogozin M.V. Nasleduemost' vysoty u sosny u sosny obyknovennoi i eli sibirskoi v Permskom krae // Khvoynye boreal'nye zony. – 2010. – XXVI. – № 1-2. – S. 180-184.
7. Korchagov S.A., Khamitov R.S., Gribov S.E., Avdeev Yu.M. (VGMA, g. Vologda, RF) Shchekalev R.V. (IEPS UrO RAN, g. Arkhangel'sk, RF). Kolichestvennye pokazateli drevesiny i ikh nasleduemost' v klonovoi populyatsii eli obyknovennoi // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. Sb. nauchnykh trudov. – Bryansk, 2009. – S. 119-123.
8. Rait D.V. Vvedenie v lesnyu genetiku. – M.: Lesnaya prom-st', 1978. – 470 s.
9. Marushchak V.N., Maksimov S.A. Nasleduemost' osnovnykh khozyaistvenno-tsennnykh priznakov u sosny obyknovennoi na primere geograficheskikh kul'tur sosny Kokchetavskoi oblasti Respubliki Kazakhstan // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 8 (82). – S. 45-48.
10. Aiala F. Vvedenie v populyatsionnyu i evolyutsionnyu genetiku. – M.: Mir, 1982. – S. 144-153.
11. Rone V.M. Geneticheskii analiz lesnykh populyatsii. – M.: Nauka, 1980. – 160 s.
12. Petrov S.A. Rekomendatsii po ispol'zovaniyu genetiko-statisticheskikh metodov v selektsii lesnykh porod na produktivnost'. – Voronezh, 1984. – 42 s.
13. Leclercq A. Influence of Beechwood anatomical features upon its physico-mechanical properties. Proc. / UFRO working party 5.5.01.02, Oxford, 8-16 April, 1980, no. 131, 33-47.

References

1. Ducci F., Guidi G. I pini della sez. halepensis, selezione e possibilita di impiego di specie e provenienze per l'Italia // Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. – 1998. – Vol. 29. – P. 58-67.

