

УДК 630*631.53.01

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.84

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПО УРОЖАЙНОСТИ ШИШЕК В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

Р.С. Хамитов¹, д-р с.-х. наук, доц.

М.А. Андропова², канд. техн. наук, доц.

А.М. Антонов³, канд. с.-х. наук, доц.

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия

им. Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, д. 2, с. Молочное, г. Вологда, 160555;

e-mail: r.s.khamitov@mail.ru

²Вологодский институт права и экономики ФСИН России, ул. Щетинина, д. 2А,
г. Вологда, Россия, 160026; e-mail: mary1969@yandex.ru

³Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Се-
верной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: a.antonov@narfu.ru

Формирование урожая семян сосны кедровой сибирской (имеющих и пищевую ценность) предопределяет целесообразность ее интродукции. Изменчивость семенной продуктивности сосны кедровой сибирской выражена на географическом и индивидуальном уровнях, а также обусловлена внешними факторами (например, неоднородностью погодных условий по годам генерации урожая). Исследования проведены в целях выявления индивидуальной изменчивости сосны кедровой сибирской по урожайности шишек в условиях интродукции. Наблюдения за семеношением осуществлены в Чагринской кедровой роще, расположенной в Грязовецком районе Вологодской области. Для оценки урожая шишек на объекте исследований у модельных деревьев (отобранных пропорционально представленности по ступеням толщины их стволов) при помощи бинокля подсчитывалось количество шишек в кроне дерева. Семеносящие деревья сосны кедровой сибирской на этом объекте в среднем ежегодно продуцируют от 131 до 214 шишек. Исследования показали наличие существенного ($F_{\phi} = 7,09 > F_{05} = 1,94$) влияния индивидуальной изменчивости деревьев на урожай шишек, который на 63 % зависит от этого параметра. В значительно меньшей степени выражена вариабельность урожайности шишек по годам наблюдений ($\eta^2 = 0,10$), обусловленная погодными условиями в период формирования, роста и созревания макростробил ($F_{\phi} = 5,18 > F_{05} = 2,83$). Отдельные биотипы сосны кедровой сибирской отличаются высоким и стабильным по годам урожаем шишек. Количество образующихся шишек в наибольшей степени ($r = -0,75 \pm 0,11$) зависит от коэффициента формы кроны деревьев (отношения ее ширины к длине). При проведении селекционной работы по отбору высокоурожайных биотипов рекомендуется учитывать этот показатель в качестве коррелятивного признака.

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская, интродукция, изменчивость, селекция, шишки.

Введение

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), или кедр сибирский, занимающая обширный естественный ареал на северо-востоке европейской части России, на Урале и в Сибири, образует леса важного экосистемного значения [4].

Для цитирования: Хамитов Р.С., Андропова М.А., Антонов А.М. Изменчивость сосны кедровой сибирской по урожайности шишек в условиях интродукции // Лесн. журн. 2018. № 3. С. 84–91. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.84

Выведение этой породы за пределы перечисленных территорий с учетом ее декоративности и орехоносного значения увеличивает биоразнообразие экосистем и существенно расширяет список лесных пользований [9]. Важным показателем успешности интродукции является способность производить в новых экологических условиях жизнеспособное потомство [6]. Формирование урожая семян сосны кедровой сибирской (которые имеют и пищевую ценность) предопределяет и целесообразность ее интродукции [9].

Под урожайностью лесных древесных пород понимают свойство формировать определенное количество семян или плодов на единице площади. Ввиду того, что это свойство характеризуется как биологическими, так и экологическими особенностями, в практике лесной селекции для выявления лучших биотипов исследуется урожайность отдельных деревьев. Для этого учитывают количество семян, плодов или шишек отдельно по деревьям (или их клонам) для последующего сравнения. Количество образуемых репродуктивных органов обусловлено полноценным развитием и ростом почек, побегов, на которых они формируются, а также размерами самого растения [9, 10].

Имеются сведения о существовании изменчивости семенной продуктивности сосны кедровой сибирской на географическом и индивидуальном уровнях, а также обусловленной внешними факторами (например, неоднородностью погодных условий по годам генерации урожая) [1, 3, 5, 7, 9, 10]. Такая изменчивость отмечена и у других представителей рода сосна [12, 13]. Лесокультурный процесс в настоящее время должен осуществляться на генетико-селекционной основе [11]. Значение селекции по семенной продуктивности особенно велико в том случае, если не существует противоречия между урожайностью и самими селекционируемыми параметрами. Особенность кедра сибирского – в том, что обилие семеношения само по себе является признаком, на который направлен отбор [9]. Признано, что использование селекционных приемов способствует созданию высокоурожайных кедровников [2].

Цель исследований – выявление индивидуальной изменчивости сосны кедровой сибирской по урожайности шишек в условиях интродукции.

В задачи исследований входило осуществление сравнительного анализа изменчивости урожайности шишек отдельных семеносящих деревьев по годам наблюдений с установлением влияния индивидуальной изменчивости и коррелятивных признаков, позволяющих упростить отбор высокоурожайных особей.

Объекты и методы исследования

Наблюдения за семеношением кедра сибирского проведены на территории Чагринской кедровой рощи, расположенной в Грязовецком районе Вологодской области. Площадь насаждения – 3,7 га. Это одна из старейших рощ на Европейском Севере, посаженная помещиком Н.А. Петровым в 1900–1904 г. близ дер. Шипяково. Она заложена 5–10-летними деревцами кедра, привезенными в корзинах с комом земли. Дички высаживались на расстоянии 5×5 сажен, т. е. приблизительно 10×10 м. Изначально роща носила исключительно декоративный характер. Кроме кедра в роще высажены пихты, лиственницы, дубы, а по периметру – липа. Начиная с возраста 20 лет, роща начала семеносить. В 1949 г. с 220 деревьев кедра было заготовлено более 800 кг орехов. К настоящему времени в ней прослеживается 28 рядов старых посадок. Наиболее мощные деревья сосредоточены на невысоком холме в центральной части насаждения. Сохранилось 133 кедра с мощными стволами, средний диаметр которых на высоте 1,3 м составляет 62,1 см, средняя высота – 19,5 м.

Все деревья кедров для учета промаркированы масляной краской с указанием их порядкового номера. Почва на участке – дерново-подзолистая, по механическому составу – тяжелосуглинистая. Напочвенный покров изобилует лесными, луговыми и сорными травами [9].

Для оценки объема урожая шишек на объектах исследований у модельных деревьев, отобранных пропорционально представленности по ступеням толщины их стволов, при помощи бинокля подсчитывалось количество шишек в кроне дерева с одной стороны (в отдельных случаях с двух противоположных сторон). Полученный результат удваивался. В соответствии с Указаниями по лесному семеноводству (2000 г.), к модельным деревьям не относили особи без шишек или с единичными шишками (до 10 шт.) [8]. Кроме того, в качестве моделей не отбирали деревья на опушке.

Наблюдения производили в начале июля, когда в кроне хорошо различимы созревающие макростробилы, и до момента опадения шишек.

Результаты исследования и их обсуждение

На исследуемом объекте семеносящие деревья сосны кедровой сибирской ежегодно продуцируют в среднем от 131 до 214 шт. шишек (табл. 1). Наибольшее их количество в кронах деревьев отмечено в 2013 г., наименьшее – в 2016 г. Выражена флуктуация урожайности между отдельными деревьями одной генерации урожая.

Таблица 1

Индивидуальная изменчивость сосны кедровой сибирской по урожайности шишек

Номер дерева	Количество шишек, шт., на дереве по годам наблюдений			
	2013	2014	2016	2017
62	296	176	292	174
66	322	184	116	140
68	64	64	44	98
77	378	320	174	484
85	314	296	228	422
106	229	48	82	94
110	120	112	116	180
111	146	80	162	268
112	146	248	172	306
113	250	72	168	302
115	400	208	142	194
118	30	24	22	42
119	180	30	110	52
165	105	56	48	32
170	226	128	86	38
Среднее	214	136	131	188

В условиях интродукции многие биотипы отличаются высоким урожаем шишек. Нетрудно заметить, что отдельные растения, имеющие лучшие показатели по количеству сформированных шишек, отличаются и относительной стабильностью рангового положения по годам наблюдений. Так, в кроне модельного дерева № 77 ежегодно в среднем образуется 339 шишек.

Максимальное количество шишек (484 шт.) отмечено в 2017 г. Среди модельных деревьев по урожаю шишек это растение лидировало в 2014 и 2017 гг. Кроме этого, достаточно высокие урожаи отмечены у деревьев № 85 (228...422 шт.) и № 115 (142...400 шт.). Количество шишек, образуемое деревьями кедра, в большинстве случаев коррелирует по годам наблюдений. Достоверная взаимосвязь отмечается на уровне 0,64–0,78. Максимальное сопряжение между урожаем шишек в 2014 и 2017 гг. составило $0,78 \pm 0,10$. Не выявлено достоверной корреляции между объемом урожая в 2013 и 2016 гг., а также в 2013 и 2017 гг.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа подтвердили существенное влияние индивидуальной изменчивости деревьев на урожай шишек ($F_{\phi} = 7,09 > F_{05} = 1,94$). Кроме того, выражена и вариабельность урожайности шишек по годам наблюдений, обусловленная погодными условиями в период формирования, роста и созревания макростробил ($F_{\phi} = 5,18 > F_{05} = 2,83$) (табл. 2).

Таблица 2

Влияние индивидуальной изменчивости деревьев и погодных условий на урожай шишек

Источник вариации	Дисперсия SS	Степень свободы df	Варианса MS	Критерий Фишера		Сила влияния η^2
				F_{ϕ}	F_{05}	
Изменчивость:						
индивидуальная	467 900,8	14	33 421,5	7,09	1,94	0,63
по годам наблюдений	73 324,8	3	24 441,6	5,18	2,83	0,10
Погрешность	198 025,7	42	4 714,9	–	–	–
<i>Итого</i>	739 251,3	59	–	–	–	–

Индивидуальной изменчивостью семеносящих деревьев урожай шишек обусловлен на 63 % ($\eta^2 = 0,63$). Корреляционное отношение ($\eta = 0,80 \pm 0,05$) указывает на высокую зависимость количества шишек от индивидуальных особенностей биотипов. Репродуктивная способность в значительно меньшей степени связана с погодными условиями ($\eta^2 = 0,10$).

Между тем отбор высокоурожайных особей по прямому признаку затруднен длительностью наблюдений, необходимых для выявления особей, характеризующихся стабильно высоким количеством шишек. В связи с этим полезно выявление дополнительных коррелятивных признаков. Исследование биометрических особенностей кроны модельных деревьев показало, что отдельные ее параметры влияют на количество продуцируемых шишек (табл. 3).

В наибольшей степени урожай шишек связан с коэффициентом формы кроны (отношение ее ширины к длине): $r = -0,75 \pm 0,11$. Значение коэффициента корреляции указывает на высокую зависимость урожая шишек от этого показателя. Наибольшее количество шишек образуется у растений с относительно узкой, но протяженной кроной. При этом, если сама протяженность кроны также сопряжена с урожайностью шишек ($r = -0,62 \pm 0,16$), то ее диаметр не оказывает влияния на количество продуцируемых шишек. Это объясняется тем,

Таблица 3

Биометрические параметры кроны и средний урожай шишек модельных деревьев

Номер дерева	Биометрические параметры кроны			Средний урожай шишек, шт.
	диаметр, м	протяженность, м	коэффициент формы	
62	10,3	15,1	0,68	235
66	9,8	10,1	0,97	191
68	7,5	5,8	1,29	68
77	9,5	13,3	0,71	339
85	9,3	17,3	0,54	315
106	10,5	9,9	1,06	113
110	14,8	19,5	0,76	132
111	11,5	9,7	1,19	164
112	11,1	16,8	0,66	218
113	11,7	15,8	0,74	198
115	9,6	14,8	0,65	236
118	8,1	7,2	1,13	30
119	9,6	8,6	1,12	93
165	10,2	7,4	1,38	60
170	10,2	15,9	0,64	120
Среднее	10,2	12,5	0,90	167

что многие деревья с широкой, но высокоподнятой кроной не способны продуцировать большое количество шишек, поскольку генеративный ярус расположен также и в нижней части кроны сосны кедровой сибирской.

Заключение

Таким образом, в условиях интродукции отдельные биотипы сосны кедровой сибирской отличаются высоким и стабильным по годам урожаем шишек, что обусловлено индивидуальной изменчивостью. При этом значительно большее количество шишек продуцируют деревья с относительно узкой, но протяженной кроной. При проведении селекционной работы по отбору высокоурожайных биотипов целесообразно учитывать подобную закономерность, используя коэффициент формы кроны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьев С.П., Попов П.П. Прогноз и оценка урожая семян в кедровниках Западной Сибири // Лесн. хоз-во. 1996. № 6. С. 33–35.
2. Дроздов И.И. Программа интродукции кедра сибирского в европейскую часть СССР. М.: МЛТИ, 1991. 56 с.
3. Матвеева, Р.Н., Буторова О.Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедра сибирского. Красноярск: СибГТУ, 2000. 243 с.
4. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Братилова Н.П. Полезные свойства и методы размножения кедра сибирского. Красноярск: СибГТУ, 2003. 154 с.
5. Савельев С.С. Репродуктивный потенциал клонов сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на юге Красноярского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2011. 20 с.

6. Сарсекова Д.Н. Способность к естественному возобновлению хвойных интродуцентов на юго-востоке Казахстана // Лесн. журн. 2010. № 5. С. 57–63. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Титов Е.В. Методика отбора плюсовых деревьев и насаждений кедрового сибирского на урожайность в Горном Алтае. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1984. 20 с.
8. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. 198 с.
9. Хамитов Р.С., Бабич Н.А., Дроздов И.И. Интродукция сосны кедровой сибирской на селекционной основе в таежную зону Восточно-Европейской равнины. Вологда–Молочное: Вологодская ГМХА, 2016. 236 с.
10. Храмова О.Ю. Репродуктивная способность и перспективы хозяйственного использования сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) при интродукции в Поволжье (на примере Нижегородской области): дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2009. 164 с.
11. Danell O. Survey of Past, Current and Future Swedish Forest Tree Breeding // *Silva Fennica*. 1991. Vol. 25, no. 4. Pp. 241–247.
12. Kurm M., Kaur U., Maaten T., Kiviste A. Pärilikkuse mõjust hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) kasvuomadustele järglaskatsetes [About the Heritability Influence to the Growth Performance in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Progeny Trials] // *Metsanduslikud Uurimused* [Forestry Studies]. 2008. Vol. 48. Pp. 79–87.
13. Sivacioglu A., Ayan S. Evaluation of Seed Production of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Clonal Seed Orchard with Cone Analysis Method // *African Journal of Biotechnology*. 2008. Vol. 7(24). Pp. 4393–4399.

Поступила 21.12.17

UDC 630*631.53.01

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.84

Variability of Siberian Stone Pine Cone Production under Conditions of Introduction

R.S. Khamitov¹, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

M.A. Andronova², Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

A.M. Antonov³, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, ul. Shmidta, 2, Molochnoe, Vologda, 160555, Russian Federation;

e-mail: r.s.khamitov@mail.ru

²Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service of Russia, ul. Shchetinina, 2A, Vologda, 160026, Russian Federation;

e-mail: mary1969@yandex.ru

³Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya

Severnomy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;

e-mail: a.antonov@narfu.ru

The formation of cone crops of Siberian stone pine (having nutritional value) predetermines the expediency of its introduction. The variability of the seed productivity of Siberian stone

For citation: Khamitov R.S., Andronova M.A., Antonov A.M. Variability of Siberian Stone Pine Cone Production under Conditions of Introduction. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 3, pp. 84–91. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.84

pine is expressed at the geographical and individual levels, as well as due to external factors, such as the heterogeneity of weather conditions over the years of crop generation. The goal of research was to reveal the individual variability of Siberian stone pinecone production under the conditions of introduction. The observations of seeding were carried out in the Chagrinskaya cedar grove located in the Gryazovets district of the Vologda region. To estimate the cone crop of model trees (selected proportionally to the diameter class of their trunks) the authors counted the number of cones in the tree crown using the binoculars. Seed-bearing trees of Siberian stone pine annually produce on the studied object at the average from 131 to 214 cones. The studies have shown the significant impact ($F_{\phi} = 7.09 > F_{05} = 1.94$) of individual variability of trees on the cone crop, which depends on this parameter by 63 %. The variability of cone crop by the years of observations ($\eta^2 = 0.10$) caused by weather conditions during the period of formation, growth and maturation of macro cones ($F_{\phi} = 5.18 > F_{05} = 2.83$) is much less expressed. Separate biotypes of Siberian stone pine are distinguished by high and stable yield of cones over the years. The number of cones is mostly affected ($r = -0.75 \pm 0.11$) by the crown form coefficient (the ratio of its width to the length). The authors recommend considering this index as a correlative feature for carrying out a breeding work on the selection of high-yielding biotypes.

Keywords: Siberian stone pine, introduction, variability, selection, cone.

REFERENCES

1. Aref 'ev S.P., Popov P.P. Prognoz i otsenka urozhaya semyan v kedrovnikakh Zapadnoy Sibiri [Forecast and Evaluation of the Seed Yield in the Cedar Forests of Western Siberia]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1996, no. 6, pp. 33–35.
2. Drozdov I.I. *Programma introduksii kedra sibirskogo v evropeyskuyu chast' SSSR* [The Program for the Introduction of Siberian Stone Pine into the European Part of the USSR]. Moscow, MFEI Publ., 1991. 56 p. (In Russ.)
3. Matveeva R.N., Butorova O.F. *Genetika, selektsiya, semenovodstvo kedra sibirskogo* [Genetics, Selection, Seed Growing of Siberian Stone Pine]. Krasnoyarsk, SSUST Publ., 2000. 243 p. (In Russ.)
4. Matveeva R.N., Butorova O.F., Bratilova N.P. *Poleznye svoystva i metody raznozheniya kedra sibirskogo* [Useful Properties and Methods of Reproduction of Siberian Cedar]. Krasnoyarsk, SSUST Publ., 2003. 154 p. (In Russ.)
5. Savelev S.S. *Reproduktivnyy potentsial klonov sosny sibirskoy (Pinus sibirica Du Tour) na yuge Krasnoyarskogo kraya: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Breeding Potential of Clones of Siberian Cedar (*Pinus Sibirica* Du Tour) in the South of the Krasnoyarsk Territory: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Krasnoyarsk, 2011. 20 p.
6. Sarsekova D.N. Sposobnost' k estestvennomu vozobnovleniyu khvoynykh introducentov na yugo-vostoke Kazakhstana [Natural Reforestation Ability of Coniferous Introducements in the Southeast of Kazakhstan]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2010, no. 5, pp. 57–63.
7. Titov E.V. *Metodika otbora plyusovykh derev'ev i nasazhdeniy kedra sibirskogo na urozhaynost' v Gornom Altae* [Method of Selection of Elite Trees and Plantations of Siberian Stone Pine for Productivity in the Gorny Altai]. Voronezh, CRIFGS Publ., 1984. 20 p. (In Russ.)
8. *Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiyskoy Federatsii* [Guidelines for Forest Seed Production in the Russian Federation]. Moscow, All-Russ. Sci. For. Resources Inform. Center Publ., 2000. 198 p. (In Russ.)

9. Khamitov R.S., Babich N.A., Drozdov I.I. *Introduktsiya sosny kedrovoy sibirskoy na selektsionnoy osnove v taezhnuyu zonu Vostochno-Evropeyskoy ravniny* [The Introduction of Siberian Stone Pine on a Breeding Basis into the Taiga Zone of the East European Plain]. Vologda – Molochnoe, VSDFA Publ., 2016. 236 p. (In Russ.)

10. Khramova O.Yu. *Reproduktivnaya sposobnost' i perspektivy khozyaystvennogo ispol'zovaniya sosny kedrovoy sibirskoy (Pinus sibirica Du Tour) pri introduktsii v Povolzh'e (na primere Nizhegorodskoy oblasti): dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Reproductive Capacity and Prospects of Economic Use of Siberian Stone Pine (*Pinus Sibirica* Du Tour) when the Introduction in the Volga Region (the Case of the Nizhny Novgorod Region): Cand. Agric. Sci. Diss.]. Moscow, 2009. 164 p.

11. Danell O. Survey of Past, Current and Future Swedish Forest Tree Breeding. *Silva Fennica*, 1991, vol. 25, no. 4, pp. 241–247.

12. Kurm M., Kaur U., Maaten T., Kiviste A. Pärilikkuse mõjust hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) kasvuomadustele järglaskatsetes [About the Heritability Influence to the Growth Performance in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Progeny Trials]. *Metsanduslikud Uurimused* [Forestry Studies], 2008, vol. 48, pp. 79–87.

13. Sivacioglu A., Ayan S. Evaluation of Seed Production of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Clonal Seed Orchard with Cone Analysis Method. *African Journal of Biotechnology*, 2008, vol. 7(24), pp. 4393–4399.

Received on December 21, 2017
