

УДК 58.087:630*165.1

ОСОБЕННОСТИ ФЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ СИБИРСКОЙ ПО ФОРМЕ СЕМЕННОЙ ЧЕШУИ© *Н.А. Бабич*¹, *д-р с.-х. наук, проф.**Р.С. Хамитов*², *канд. с.-х. наук, доц.**С.М. Хамитова*², *канд. с.-х. наук, доц.**В.Н. Воробьев*², *асп.*¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: les@agtu.ru²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, 2, пос. Молочное, г. Вологда, Россия, 160555; e-mail: r.s.khamitov@mail.ru

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) разводится за пределами своего ареала благодаря орехоносному значению. Источником получения семян в таких регионах могут служить кедровники, созданные ранее и вступившие в пору плодоношения. Генетический потенциал таких насаждений определяется степенью их внутривидового разнообразия, обусловленной индивидуальной изменчивостью. Характер апофиза шишек сосны кедровой сибирской является диагностически важным признаком, определяющим потенциальную урожайность ореха, и может быть использован при проведении селекции вида по товарным признакам урожая. Однако его применение в фенетическом анализе осложняется сбором шишек с учетных или модельных деревьев и отсутствием рекомендаций по отбору с них образцов. Исследования проведены в целях определения методики отбора образцов шишек для оценки внутривидового разнообразия. Опавшие шишки собирали без разделения по учетным деревьям (затрудненного в полевых условиях) в районе интродукции (Чагринская роща, Грязовецкий район Вологодской области) и ареала породы (Полуяновский кедровый бор, Вагайский район Тюменской области). В Чагринской роще также отбирали образцы отдельно по деревьям и сравнивали с ранее полученными результатами. О полиморфности судили по частоте встречаемости шишек с различным типом апофиза. Сравнительный анализ обоих методов отбора образцов не выявил статистически существенных различий между результатами проводимых исследований. Таким образом, в неурожайные годы или при невозможности определить принадлежность опавших шишек к конкретному дереву можно рекомендовать общий сбор всех шишек с пробной площади, позволяющий достаточно достоверно охарактеризовать фенетическую структуру популяции. С использованием данной методики экспериментально доказан высокий уровень генетического потенциала вида в интродукционном насаждении.

Ключевые слова: кедр сибирский, полиморфизм, фенетический анализ, генетический потенциал, интродукция.

Интродукция является признанным способом повышения продуктивности лесов [7]. Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) интересна, прежде всего, благодаря своему орехоносному значению. При интродукции кедра сибирского в новые климатические условия европейской части России большое внимание следует уделять выбору материнских популяций. Как правило, определение районов-доноров материала для репродукции осуществляется посредством создания сети географических культур. Не менее привлекательными для заготовки семян являются и уже существующие и обильно плодоносящие местные насаждения вида – интродукционные популяции. В этой связи такие объекты нуждаются в комплексном и всестороннем изучении. Так, И.И. Дроздов отмечает [2], что данное лесокультурное наследие следует использовать, прежде всего, в качестве маточников для внедрения наиболее ценных форм, для чего следует обратить внимание генетиков и селекционеров на решение интродукционных задач с использованием теоретических положений учения Н.И. Вавилова.

Известно, что генетический потенциал популяций, планируемых для дальнейшей репродукции, определяется степенью их внутривидового разнообразия, обусловленного индивидуальной изменчивостью. Учитывая, что генетический анализ популяций затруднен, для суждения об их полиморфности используют фенетический анализ, подробно изложенный в работе Л.А. Животовского [3]. При подобных исследованиях внутривидовое разнообразие принято оценивать по среднему числу морф в популяции. Считается, что при неравномерном

распределении числа форм этот показатель меньше количества рассматриваемых вариаций признака, а при мономерном равен единице. Структуру разнообразия оценивают по доле редких морф, различие популяций, выраженное соотношением форм, – показателем сходства и критериями g и идентичности I .

Для фенетического анализа предварительно следует выделить четко дискретные фены, наследуемость которых не вызывает сомнений. По мнению многих исследователей [4–6, 8], значительная изменчивость наблюдается у генеративных органов кедровых сосен. Шишки кедрового различают по форме, окраске, типу апофиза, размерам и содержанию в них семян, диссиметрии навинчивания чешуй. Отмечается также вариабельность массы, размеров и цвета семян. Окраска шишек довольно разнообразна в пределах даже одной популяции. Встречаются светло-серые, розовые, коричневые, красноватые, фиолетовые экземпляры. Считается, что этот признак в пределах кроны дерева остается неизменным, однако не оказывает существенного влияния на размеры шишек, количество и качество формируемых в них семян [6]. По форме различают цилиндрические, яйцевидные, конусовидные, округлые шишки. По данному фену отмечается связь с размерами и массой шишек, количеству и массе содержащихся в них семян. Вместе с тем форма шишек имеет высокую эндогенную изменчивость, т. е. варьирует в пределах кроны [6]. Отмечено наличие трех типов апофиза семенных чешуек: плоский, бугорчатый и крючковатый (см. рисунок). Заметим, что М.П. Абатуровой [1] в качестве элементарного



Изменчивость шишек по форме апофиза: *a* – плоские, *b* – бугорчатые, *v* – крючковатые (на осях приведены размеры шишек в сантиметрах)

Исследования, проведенные нами ранее, показывают [8], что характер апофиза шишек сосны кедровой сибирской является диагностически важным маркерным признаком, определяющим потенциальную урожайность кедрового ореха, и может быть использован при проведении селекции вида по товарным признакам урожая (размер и масса шишек и содержащихся в них семян). Так, по своей длине образцы с плоским апофизом уступают бугорчатым и крючковатым в среднем на 8 % (достоверность $t_{\phi} > t_{st}$). Данный показатель в значительной степени коррелирует с количеством образующихся семян ($r = 0,58$) и их массой ($r = 0,51$). Прослеживается тенденция уменьшения диаметра шишек от плоских к крючковатым экземплярам. По массе шишек достоверное различие на 5 %-ом уровне значимости наблюдается между бугорчатыми и крючковатыми шишками. Бугорчатые в среднем весят на 11 % больше.

В этой связи для характеристики формовой структуры популяций сосны сибирской весьма удобен данный элементарный и четко дискретный фен, явно сцепленный с рядом хозяйственно-ценных признаков семенной продуктивности. Однако его использование в фенетическом анализе осложняется сбором шишек с учетных или модельных деревьев и отсутствием рекомендаций по отбору с них образцов (требуемое количество моделей и количество отбираемых шишек). Нами

предложена упрощенная методика, позволяющая судить с минимальной статистической ошибкой о фенетической структуре популяции. Ниже приведены ее особенности.

Для оценки внутривидового разнообразия собирали опавшие шишки без разделения по учетным деревьям (затрудненного в полевых условиях) в районах интродукции (Чагринская роща, Грязовецкий район Вологодской области) и ареала породы (Полуяновский кедровый бор, Вагайский район Тюменской области), рекомендованного лесосеменным районированием в качестве поставщика семян. О полиморфности судили по частоте встречаемости шишек с различным типом апофиза. Для проверки гипотезы о надежности методики при благоприятном стечении обстоятельств (значительная масса опада в результате сильного порывистого ветра) в Чагринской роще отбирали образцы отдельно по деревьям и сравнивали с ранее полученными результатами (см. таблицу).

Формовое разнообразие популяций сосны сибирской и их сходство

Популяция	Встречаемость форм*			Среднее число морф	Доля редких морф	Показатель сходства между парами	Критерий идентичности**
	П	Б	К				
Полуяновский бор	0,02	0,13	0,85	2,03±0,14	0,32±0,05	0,77±0,03	102,18
Чагринская роща: общий сбор	0,25	0,53	0,22	2,87±0,06	0,04±0,02		
подеревный анализ	0,24	0,50	0,26	2,91±0,08	0,03±0,03	1,00±0,0002	0,75

* Тип апофиза (П – плоский, Б – бугорчатый, К – крючковатый).

** Критерий Пирсона $\chi^2_{05} = 5,99$; $\chi^2_{01} = 9,21$; $\chi^2_{001} = 13,82$.

В Полуяновском бору преобладает крючковатая форма шишек. Встречаемость этого морфологического типа составляет 0,85, редким фенотипом является плоская форма (встречаемость $p = 0,02$). Доля редких морф составляет $0,32 \pm 0,05$. В Чагринской кедровой роще значительно чаще встречаются бугорчатые экземпляры (0,53), примерно поровну плоских и крючковатых форм (0,25 и 0,22). Различие популяций статистически достоверно, поскольку показатель идентичности $I = 102,18$ и значительно выше табличного значения критерия Пирсона на 99,9 %-ом уровне значимости. Интересным фактом является более высокий показатель среднего числа морф ($2,87 \pm 0,06$) в Чагринской роще, находящейся в зоне интродукции, по сравнению с тюменской популяцией ареала вида ($2,03 \pm 0,14$), что свидетельствует о большем внутривидовом разнообразии (по данному фену) интродукционных культур и соответственно большей их экологической пластичности.

Сравнение результатов разных методов отбора образцов для фенетических исследований показывает следующее. При подеревном анализе исходного материала в Чагринской популяции частота встречаемости форм практически одинакова. Показатель сходства двух условных популяций равен единице, а коэффициент идентичности ($I = 0,75$) меньше табличного значения критерия Пирсона при 0,05 %-ом уровне вероятности. Следовательно, обе методики отбора образцов шишек (подеревного или сплошного) для анализа достаточно надежны.

В неурожайные годы или при невозможности определить принадлежность опавших шишек к конкретному дереву можно рекомендовать общий сбор всех шишек с пробной площади, позволяющий достаточно достоверно охарактеризовать фенетическую структуру популяции. Отметим, что сбор шишек должен осуществляться равномерно по всей площади и при условии плодоношения большей части насаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатурова М.П. Исследование элементарных морфологических признаков ели обыкновенной // Научные основы селекции хвойных пород. М.: Наука, 1978. С. 87–98.
2. Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Лесная интродукция: учеб. пособие. 3-е изд. М.: МГУЛ, 2005. 136 с.
3. Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 37–38.
4. Ирошников А.И., Лебков В.Ф., Чередникова Ю.С. Плодоношение кедровников Лено-Илимского междуречья // Тр. ИЛИД СО АН СССР. М., 1963. Т. 62. С. 35–75.

5. Луганский Н.А. К вопросу о внутривидовой изменчивости кедров сибирского на Среднем Урале // Тр. ин-та биологии УФ АН СССР. Вып. 23. Свердловск, 1961. С. 89–96.

6. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедров сибирского. Красноярск: СибГТУ, 2000. 243 с.

7. Феклистов П.А., Бирюков С.Ю. Сезонный рост сосны скрученной в северной подзоне тайги // Лесн. журн. 2006. № 6. С. 24–29. (Изв. высш. учеб. заведений).

8. Хамитова С.М., Хамитов Р.С. Влияние типа апофиза шишек сосны кедровой сибирской на формирование в них семян // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2010. № 3. С. 134–135.

Поступила 09.01.14

УДК 58.087:630*165.1

Genetic Analysis Features of Populations of Siberian Pine on Seed Scale Form

N.A. Babich¹, Doctor of Agriculture, Professor

R.S. Khamitov², Candidate of Agriculture, Associate Professor

S.M. Khamitova², Candidate of Agriculture, Associate Professor

V.N. Vorob'ev², Postgraduate Student

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: les@agtu.ru

²Vologda State Dairy Farming Academy named after V.N. Vereshchagin, Shmidta, 2, vil. Molochnoe, Vologda, 160555, Russia; e-mail: r.s.khamitov@mail.ru

Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) is grown beyond its range owing to nut-bearing. Source of obtaining seeds in such regions can serve cedar forests, created previously and entered in season of fruiting. Genetic potential of such plants is determined by their degree of intraspecific diversity, according individual variability. Character of cones apophysis of Siberian stone pine is diagnostically important indicator, determining potential productivity of nut, and can be used during the breeding of species on commodity features of crop. However its application to the phenetics analysis is complicated by collecting cones from accounting or modeling trees and the lack of recommendations for the selection of samples from them. Investigations were carried out to determine the method of samples selection of cones for evaluation of intraspecific diversity. Fallen cones were collected without separation at discount trees (hindered in the field) in the area of introduction (Chagrinskaya Grove, Griazovets district in the Vologda region) and range of species (Poluyanovsky cedar forest, Vagai district in the Tyumen region). In Chagrinskaya grove were also selected samples of the trees separately and were compared with previous results. Polymorphism was judged by frequency of occurrence of different types of cones with apophysis. Comparative analysis of both sampling methods revealed no statistically significant differences between the results of conducted studies. Thus, in the lean years, or when not possible to determine the identity of fallen cones to a particular tree can be recommended the total picking of all cones from the sampling area, allowing authentically to characterize the phenetics structure of the population. Using this method, also experimentally has been proven high level of genetic potential of the species in the introduction planting.

Keywords: Siberian cedar, polymorphism, phenetics analysis, genetic potential, introduction.

REFERENCES

1. Abaturova M.P. Issledovanie elementarnykh morfologicheskikh priznakov eli obyknovnoy [Study of the Elementary Morphological Characters of Common Spruce]. *Nauchnye osnovy selektsii hvoynykh porod*. [Scientific Basis of Conifer Genus Selection]. Moscow, 1978, pp. 87–98.

2. Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. *Lesnaya introduktsiya* [Forest Introduction]. Moscow, 2005. 136 p.

3. Zhivotovskiy L.A. Pokazateli populyatsionnoy izmenchivosti po polimorfnykh priznakam [Indicators of Population Variability on Polymorphic Featured]. *Fenetika populyatsiy* [Phenetics of Populations]. Moscow, 1982, pp. 37–38.

4. Iroshnikov A.I., Lebkov V.F., Cherednikova Yu.S. *Plodonoshenie kedrovnikov Leno-Ilimskogo mezhdurech'ya* [Cedar Forest Fructifying of the Leno-Ilim Interfluve]. Moscow, 1963. vol. 62, pp. 35–75.

5. Luganskiy N.A. *K voprosu o vnutrividovoy izmenchivosti kedra sibirskogo na Srednem Urale* [On the Intraspecific Variation of the Siberian Cedar in the Middle Ural]. Sverdlovsk, 1961, vol. 23, pp. 89–96.

6. Matveeva R.N., Butorova O.F. *Genetika, selektsiya, semenovodstvo kedra sibirskogo* [Genetics, Breeding, Seed of Siberian Cedar]. Krasnoyarsk, 2000. 243 p.

7. Feklistov P.A., Biryukov S.Yu. Sezonnnyy rost sosny skruchennoy v severnoy podzone taygi [Seasonal Growth of Shore Pine in Northern Taiga Subzone]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 6, pp. 24–29.

8. Khamitova S.M., Khamitov R.S. Vliyanie tipa apofiza shishek sosny kedrovoy sibir-skoy na formirovanie v nikh semyan [Impact of the Apophysis of Siberian Stone Pine Cones to Form in Them the Seeds]. *Lesnoy vestnik*, 2010, no. 3, pp. 134–135.
