РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Р.В. Роговцев

Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия
630082, г. Новосибирск, а/я 45; ул. Жуковского, 100/1, тел. 8(383) 225-47-02, e-mail: rvr79@mail.ru

Методом подсчета шишек в подстилке оценена продуктивность шишек в географических культурах сосны 30-летнего возраста, выращиваемых в лесостепной зоне Западной Сибири. Среднее число шишек, опавших за период жизни культур, составляет 24,2 шт./м², коэффициент вариации - 46,3%. На долю влияния происхождений (популяций) в однофакторной схеме приходится 26,7% общей дисперсии признака. Межпопуляционные различия на 10-15% определяются различиями в густоте культур, и на 25-30% - координатами географического происхождения. Более высокими урожаями отличаются западные и северные популяции. Между равнинными популяциями европейской части России и Западной Сибири, с одной стороны, и горными популяциями Восточной Сибири, с другой, - обнаружены существенные различия по характеру зависимости урожая шишек от густоты культур и особенностей географического происхождения. При оценках в 2-факторной схеме обнаружено взаимодействие популяции-блоки, сопоставимое с влиянием фактора популяции.

Using the method of calculation of cones in a ground-litter it is estimated cone's productivity in 30-years age Scots pine geographical cultures in Western Siberia (Mid-Ob pine forest). The average number of cones is 24.2 cones/m², the coefficient of variation - 46.3%. The contribution due to the populations in the one-factorial scheme is 26.7% of the total dispersion. Between-population variability is determined by stand density (10-15% of between-population variability) and a geographical coordinates of proveniences (25-30%). The western and northern populations have a higher level of cone's productivity. It is observed differences between plain populations of the European part of Russia and Western Siberia, on the one hand, and mountain populations of Eastern Siberia, with another, on character of dependence of a cones crop from cultures density and geographical coordinates of proveniences. The "populations-blocks" interaction is revealed.

Изучение географических культур сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. даёт представление об особенностях популяционной структуры этого ценного вида и позволяет выделять географические популяции, перспективные для интродукции. Одним из важнейших параметров, характеризующих адаптивный потенциал популяций в пункте испытаний, является семенная продуктивность. Однако в связи с динамикой этого показателя, которая может иметь популяционно-географическую специфику, для репрезентативной оценки средней интенсивности семеношения необходимы многолетние наблюдения. При существующих методиках изучения семенной продуктивности сосновых насаждений [Некрасова, 1960; Указания ..., 2000] это сопряжено со значительными трудовыми затратами. По этой причине в подавляющем большинстве работ по изучению географических культур оцениваются интенсивность роста и устойчивость, а также фенологические и морфологические особенности популяций [Селекция ..., 1982; Шутяев, 1990; Кузьмина, 1997; Тарасова и др., 2002; Eriksson et al., 2006]; в то время как данные о репродуктивном потенциале географических популяций редки и чаще основаны на сравнительных оценках в годы относительно высоких урожаев [Демиденко, Хрубилова, 1987; Новикова, 2002].

Для оценки среднего репродуктивного потенциала насаждений за весь период их семеношения

нами использован метод учета шишек в подстилке насаждений. В связи с медленным разложением опавших шишек [Аткин, 1994] этот метод вполне приемлем по крайней мере для изучения молодняков сосны. Недостатки метода заключаются в том, что, во-первых, он применим только для относительно молодых насаждений, в которых шишки первых лет урожая ещё не разложились и доступны для объективного подсчета их числа на пробных площадках. Во-вторых, учет опавших шишек может давать искаженные результаты, если в насаждениях осуществляется их заготовка. В-третьих, для перевода показателя продуктивности шишек в урожай семян требуется дополнительно оценить выход семян из шишек.

В связи с рассмотренным выше отметим, что в исследуемых нами 30-летних культурах сохранность шишек в подстилке удовлетворительная, а производственный сбор шишек не проводился. Что касается перевода числа шишек в урожай семян, то в настоящей работе мы ограничились учетом суммарного урожая шишек, который грубо отражает генеративный потенциал насаждений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемые культуры сосны были заложены в 1976 г. в Сузунском лесспромхозе, расположенном в

лесостепной зоне Верхнего Приобья (Среднеобский бор). Посадка осуществлялась 2-летними сеянцами от 37 происхождений (географических популяций) на площади 16 га по методике ВНИИЛМ [Изучение ..., 1972]. Исследования проведены в начале сезона вегетации 2006 г., на 2-х выборках – основной и дополнительной. Основная включала 35 происхождений из типичного по условиям блока, размещенного в центре площади. Дополнительная выборка включала 11 происхождений в трёх блоках.

Подсчет числа шишек осуществляли на учетных площадках размером 1 м², которые размещали случайным образом в типичных по густоте между-рядиях каждой делянки. При этом в основной выборке закладывали по 10 площадок на делянку, в дополнительной – по 8 (по 24 на происхождение). Всего было заложено около 500 учетных площадок. На каждой из них перебирали вручную всю подстилку и учитывали все опавшие 2-летние шишки. Первый урожай шишек был зафиксирован на исследуемых культурах в возрасте 11 лет [Демиденко, Хрубилова, 1984]. В наших исследованиях, проведенных в 30-летнем возрасте культур, самые старые шишки из нижнего горизонта подстилки имели удовлетворительную сохранность, обеспечивающую их полноценный подсчет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднее число шишек варьирует по насаждениям в пределах от 5,6 шт./м² (Долонский лесхоз, Казахстан) до 52,5 шт./м² (Куровский, Московская обл.), что соответствует урожайности семян около 0,2-1,0 кг/га в год за период семеношения (таблица 1). Среднее число шишек составляет 24,2 шт./м², коэффициент вариации, рассчитанный по средним на делянку, – 46,3%. Число шишек в контрольном Сузунском происхождении близко к среднему на опыт (21,4 шт./га). Между числом шишек в подстилке и густотой древостоев обнаружена отрицательная корреляция $r_{xy} = -0.33$ ($n=35$, $P < 0,05$), между числом шишек и средним диаметром ствола – положительная $r_{xy} = 0.55$ ($P < 0,01$). То есть более разреженные насаждения с преобладанием крупномерных деревьев плодоносят лучше.

По данным однофакторного анализа, на долю влияния происхождений в общей дисперсии признака приходится 26,7% ($F_{34,315} = 4,64$; $P < 0,001$). Если полученные результаты рассмотреть в разрезе регионов, то обращает внимание постепенное снижение средней урожайности по направлению с запада на восток от почти 30 до 17 шишек на 1 кв.м (таблица 1). Различия между регионами, по данным дисперсионного анализа, значимы на уровне $P < 0,05$. Эта закономерность проявляется и в виде достоверной отрицательной связи между географическими координатами родительских насаждений по восточной долготы и урожайностью их потомств в исследуемых культурах (таблица 2). Обнаруживается также тенденция к положительной зависимо-

сти урожая от широты, которая не достигает достоверного уровня при анализе всей выборки, но проявляется на достоверном уровне при анализе западно-сибирских происхождений.

Таким образом, чем западнее и севернее место произрастания исходных насаждений, тем выше их генеративный потенциал в условиях Среднеобского бора. Это наглядно отражается при использовании индекса координат (разность между градусами восточной долготы и северной широты), с которым урожайность шишек коррелирует на уровне $-0,514$ ($P = 0,002$). При этом создается впечатление, что выборки европейских и западно-сибирских (равнинных) происхождений существенно различаются по характеру связей от восточно-сибирских (горных). Например, если сопоставить их по коэффициенту корреляции между урожайностью шишек и густотой, то различия между оценками статистически достоверны ($u = -2,103$; $P < 0,05$) [Готов и др., 1982]. Ещё более существенны различия этих совокупностей по коэффициенту корреляции между урожайностью и индексом географических координат ($u = -2,502$; $P \sim 0,01$).

Одной из причин рассмотренного феномена может быть отличие в генетически обусловленной норме реакции насаждений из различных географических регионов, то есть взаимодействие популяция-среда. Для оценки вклада эффектов взаимодействия в изменчивость урожая шишек осуществляли двух факторный дисперсионный анализ этого признака в выборке 11 происхождений, представленных в 3-х блоках (таблица 3). Влияние обоих факторов и их взаимодействия статистически значимо. При этом основной и приблизительно равный вклад в изменчивость урожая семян дают популяции и взаимодействие популяции-блоки, отражающее взаимодействие популяция-среда.

Уместно отметить, что блок №1 размещается на относительно пониженной части площади и отличается от блоков №2 и 3 несколько большим плодородием почвы. Это обстоятельство привело к интенсивному развитию травяного покрова, более существенному отпаду саженцев сосны на стадии конкуренции с травостоем, и как следствие к снижению густоты насаждений некоторых происхождений в 1-м блоке в сравнении с двумя другими [Роговцев и др., 2005]. По-видимому, взаимодействие популяция-среда в данном случае вызвано различиями в густоте (степени осветления) насаждений, обусловленными различиями в реакции популяций на конкуренцию с травостоем.

Сопоставим полученные результаты с литературными данными. В ходе испытания разновидностей сосны на северо-американском континенте выявлена криволинейная зависимость интенсивности семеношения молодых культур от широты местности происхождений: более ранним и обильным семеношением характеризовались климатипы из центральной части ареала [Райт, 1978].

Поскольку результаты подобных исследований

Таблица 1 - Урожай шишек в условиях Среднеобского бора у потомств географических популяций сосны из различных регионов России и Казахстана

Лесохозяйственное предприятие (лесхоз)	Географические координаты испытываемых популяций		Число шишек в подстилке культур, шт./м ²
	восточной долготы	северной широты	
<i>Европейская часть России</i>			
Челнавский	36° 00'	52° 00'	44,5
Воронежский	39° 08'	51° 40'	10,9
Куровский	40° 50'	55° 38'	52,5
Плесецкий	41° 05'	63° 20'	34,9
Камышенский	45° 39'	50° 05'	18,2
Никольский	45° 52'	53° 36'	47,6
Сурский	46° 30'	55° 15'	25,4
Вольский	47° 30'	52° 07'	24,8
Мелекесский	50° 00'	54° 05'	24,9
Вятско-Полянский	50° 10'	58° 10'	34,9
Бузулукский	52° 12'	52° 40'	19,8
Дюртюлинский	55° 36'	55° 20'	30,9
Зеленодольский	55° 36'	55° 20'	16,6
<i>Среднее</i>			29,7 ±3,52
<i>Урал</i>			
Залаирский	57° 20'	52° 10'	17,4
Ревдинский	60° 00'	56° 47'	23,1
Карагайский	64° 10'	52° 40'	33,1
<i>Среднее</i>			24,5 ±4,59
<i>Западная Сибирь и Казахстан</i>			
Курганский	65° 15'	55° 22'	17,5
Урумкайский	70° 08'	55° 04'	18,2
Сургутский	71° 30'	61° 15'	47,0
Тарский	74° 27'	58° 48'	27,4
Кыштовский	76° 30'	56° 37'	34,4
Долонский	81° 00'	49° 00'	5,6
Сузунский	82° 20'	53° 45'	21,4
Колпашевский	82° 53'	58° 18'	15,1
Чемальский	83° 35'	51° 18'	21,7
Болотнинский	84° 24'	55° 40'	18,0
Гурьевский	85° 56'	54° 18'	24,4
<i>Среднее</i>			22,8 ±3,27
<i>Восточная Сибирь</i>			
Абазинский	90° 06'	52° 39'	16,7
Минусинский	91° 42'	53° 41'	10,6
Ермаковский	92° 00'	53° 00'	17,1
Енисейский	92° 10'	58° 27'	8,6
Балгазынский	95° 00'	51° 05'	25,3
Богучанский	97° 24'	59° 36'	23,5
Вихоревский	101° 13'	56° 02'	19,7
Проспихинский	101° 45'	58° 58'	15,9
<i>Среднее</i>			17,2 ±2,03

Таблица 2 – Зависимость урожайности шишек в культурах сосны от их густоты (сохранности) и географических координат родительских насаждений

Показатель	Коэффициент корреляции Пирсона r_{xy} для совокупностей происхождений из различных географических регионов				
	Вся вы-борка	Вся выборка, кроме Урала и Восточной Сибири	Европейская часть России	Западная Сибирь и Казахстан	Восточная Сибирь
Густота	-0,332	-0,426	-0,505	-0,205	0,484
Координаты по ВД	-0,469	-0,385	-0,374	-0,286	0,404
Координаты по СШ	0,275	0,415	0,309	0,710	-0,176
Индекс (ВД-СШ)	-0,514	-0,462	-0,487	-0,498	0,618
N (число происхождений)	35	24	13	11	8

Примечания: 1) жирным шрифтом выделены значения коэффициентов, значимые при $P < 0.05$; 2) ВД и СШ – восточной долготы и северной широты соответственно.

Таблица 3 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности шишек у различных происхождений сосны, испытываемых в 3-х блоках

Источник изменчивости	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	Компоненты дисперсии	Доли влияния, %
Популяции	10	1952,3	5,478	0,000	66,496	13,7
Блоки	2	1351,0	3,791	0,024	11,302	2,3
Взаимодействие	20	468,4	2,156	0,004	51,496	10,6
Остаточный	231	356,4			356,403	73,4
Итого	263				485,697	100,0

сильно зависят от особенностей экологических условий пункта испытаний, для нас особенно важны данные, полученные в условиях Сибири. Отметим работу Т.Н. Новиковой [2002], в которой при обследовании 15-летних культур в лесостепной зоне Забайкалья сделан вывод о повышенной урожайности северных климатипов. Автор полагает, что это обусловлено адаптацией климатипов из зоны песимума к максимальному использованию благоприятных для семеношения лет, которые редко случаются в местах их естественного произрастания. Аналогичные результаты наших экспериментов могут свидетельствовать о достаточно общем характере этой закономерности: во всяком случае, при испытаниях в лесостепной зоне Сибири. Возможно, что при включении в эксперименты популяций из маргинальных северных редколесий последние также характеризовались бы низким генеративным потенциалом, и зависимость плодоношения от широты местности также приобрела бы куполообразный характер, выявленный американскими исследователями. Данные о повышенной генеративной активности популяций западного происхождения в литературе не приводятся. Вероятно, это обусловлено экологическими особенностями пунктов испытаний, различиями в выборках популяций, и небольшим числом исследований по оценке семеношения географических культур сосны. Что касается различий между равнинными и горными популяциями, то они отмечены по признакам интенсивности роста и сохранности насаждений в изучаемых нами географических культурах [Тараканов и др., 2001], а также по аллозимной изменчивости природных популяций [Семериков и др., 1993]. Сравнительные данные о характере зависимости генеративной активности от густоты насаждений и географических координат происхождений отсутствуют.

В заключение отметим, что при сопоставлении результатов настоящих исследований с литературными данными необходимо учитывать слабые и сильные стороны методов оценки репродуктивного потенциала культур. Что касается метода, использованного в нашей работе, то прежде всего следует иметь в виду ориентировочный характер оценок интенсивности семеношения по продуктивности шишек. В связи с этим необходим второй этап исследований - изучение выхода семян из шишек и оценка их качества. Другой недостаток учета суммарного урожая заключается в невозможности оценить различия в ритмах плодоношения различных происхождений. С другой стороны, достоинством

использованного нами метода является репрезентативность оценки среднего многолетнего урожая, поскольку на учетных площадках учитывается урожай шишек за все годы семеношения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлена оценка суммарной продуктивности шишек в географических культурах сосны 30-летнего возраста, выращиваемых в условиях Среднеобского бора. Выявлено, что географические популяции сосны существенно различаются по продуктивности шишек. Эти межпопуляционные различия на 10-15% определяются различиями в густоте культур, и на 25-30% - особенностями географического происхождения популяций. Относительно большими урожаями отличаются западные и северные происхождения. Между равнинными популяциями европейской части России и Западной Сибири, с одной стороны, и горными популяциями Восточной Сибири, с другой, - обнаружены существенные различия по характеру зависимости урожая шишек от густоты культур и особенностей географического происхождения исходных популяций. При оценках в 2-факторной схеме обнаружено взаимодействие популяции-блоки, сопоставимое с влиянием фактора популяции.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор признателен В.В. Тараканову и Ю.И. Ильичеву за помощь в отработке методики и статистической обработке данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Аткин, А.С. Закономерности формирования органической массы в лесных сообществах: Автореф... д-ра. с.-х. наук. / А.С. Аткин. – Екатеринбург, 1994. – 40 с.
- Глотов, Н.В., Биометрия / Н.В. Глотов [и др.].- Л.: ЛГУ, 1982. - 264 с.
- Демиденко, В.П. Семеношение географических культур сосны обыкновенной на юге Западной Сибири / В.П. Демиденко, О.В. Хрубилова // Селекция и семеноводство хвойных. - Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1987. - С. 17-25.
- Изучение имеющихся и создание новых географических культур. - Пушкино: Госкомлес СССР, 1972. - 52 с.
- Кузьмина, Н.А. Рост и сохранность географических культур сосны обыкновенной в Приангарье /

- Н.А. Кузьмина // Генетика и селекция – на службе лесу: Материалы Междунар. науч.-практич. конф. – Воронеж: ИЮФРО, НИИЛ-ГиС, 1997. – С. 172-174.
- Некрасова, Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири [Текст] / Т.П. Некрасова.- Новосибирск: Наука, 1960. - 132 с.
- Райт, Д.В. Введение в лесную генетику [Текст] / Д.В. Райт - М.: Лесная пром-сть, 1978. - 470 с.
- Роговцев, Р.В. Адаптация различных климатипов сосны *Pinus sylvestris* L. к условиям лесостепи Западной Сибири / Р.В. Роговцев, В.В. Тараканов, Ю.Н. Ильичёв // Проблемы лесоведения и лесоводства (Институту леса НАН Беларуси - 75 лет): Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 63. - Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2005. - С. 238-240.
- Молотков П.И. Селекция лесных пород [Текст] / П.И. Молотков [и др.] - М.: Лесная пром-сть, 1982. - 224 с.
- Семериков, В.Л. Структура изменчивости аллозимных локусов в популяциях сосны обыкновенной / В.Л.Семериков, А.В. Подогас, А.В. Шурхал // Экология. - 1993. - № 1. – С. 18-25.
- Тараканов, В.В. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири [Текст] / В.В.Тараканов [и др.]. - Новосибирск: Наука, 2001. – 230 с.
- Тарасова, В.В. Особенности радиального роста и дифференциации деревьев сосны обыкновенной в географических культурах / В.В. Тарасова [и др.] // Лесоведение, 2002. - № 5. – С. 76-77.
- Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. - М.: ВНИИЦлесурс, 2000. - 198 с.
- Шутяев, А.М. Географические культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в СССР (новая серия) / А.М. Шутяев // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений (Доп. выпуск). – М. : 1990. – С. 25-34.
- Eriksson, G. An introduction to forest genetics / G.Eriksson, I Ekberg., D.Clapham. 2006. 185 p.

Поступила в редакцию 1 августа 2007 г.
Принята к печати 15 сентября 2007 г.