

УДК 630.232.311.1

ОСОБЕННОСТИ СЕМНОШЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Т.Н. Новикова

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок, 50; e-mail: institute@forest.akadem.ru

Приведены результаты исследования урожайности 25-летних потомств сосны обыкновенной в географических культурах Красноярской лесостепи. Выявлены корреляционные связи интенсивности семеношения с показателями диаметров, сохранностью климатипов и климатическими факторами мест произрастания материнских насаждений. Отмечены достоверные различия по радиальному росту растений с макростробилами у представителей *subsp. sibirica* Ledebour и *subsp. kulundensis* Sukaczew.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, географические культуры, семеношение

The results of crop capacity studing of 25-years old descendants of Scots pine in the provenance trial Krasnoyarsk forest-steppe are presented. The correlation links of intensivity of crop capacity with radial tree growth indexes, survival and climatic factors of provenance of their mother stands have been determined. The difference in radial tree growth of plants with macrostrobiles for *subsp. sibirica* Ledebour и *subsp. kulundensis* Sukaczew is shown.

Key words: Scots pine, provenance trial, the seed production

ВВЕДЕНИЕ

Отрицательными факторами, вызывающими трансформацию лесных растительных сообществ, являются широкомасштабные рубки, стихийные и антропогенные пожары, а также массовое поражение древесных растений фито- и энтомогенными факторами. Под воздействием дестабилизирующих природных и антропогенных факторов происходит постепенное истощение генетических ресурсов насаждений, снижение их устойчивости и продуктивности. Для восстановления леса, дефицит которого особенно остро ощущается в наиболее освоенных районах Южной Сибири, необходимо использовать генетико-селекционные подходы, позволяющие выращивать насаждения, превосходящие, или, по крайней мере, не уступающие в устойчивости и продуктивности природным популяциям. В селекционных исследованиях особое место принадлежит оценке репродуктивного потенциала древесных растений.

Известно, что урожайность сосны в значительной степени обусловлена влиянием экзогенных факторов. Поэтому в публикациях большое внимание уделялось изучению репродуктивных свойств и их связи с флуктуацией погодных условий в разных лесорастительных зонах и типах леса. Было обнаружено (Некрасова, 1957, 1960; Мауринь и др., 1977), что в пределах всей лесной зоны массовой закладке макростробилов и повышенным урожаям семян способствует относительно теплый и сухой, а в степной зоне, напротив, сравнительно влажный и прохладный вегетационный период. На урожайность сосны, в значительной степени также оказывает влияние полнота насаждений (Санников, Санникова, 1985; Санников и др., 2004). В насаждениях

с высокой сомкнутостью эффективно участвуют в семеношении только те деревья, которые достигают первого яруса и формируют хорошо развитую освещенную крону. В молодняках таких деревьев не более 6 %, однако, они дают большую часть урожая семян (Тимофеев, 1972). При исследовании сосново-березовых лесов лесостепной зоны Зауралья (Мамаев, Яценко, 1965) между урожайностью и диаметром сосны была обнаружена прямая связь ($R=0,22-0,57$). Наследственные особенности в репродукции сосны из разных районов ареала наиболее объективно оцениваются на примере потомств различных климатипов при совместном их выращивании. Обусловленные генетическими факторами, наследственные вариации являются основой селекционного отбора перспективных форм и сортов-популяций для создания лесосеменных участков и плантационного лесоразведения.

В данной работе отражены особенности репродукции климатипов и подвидов сосны обыкновенной из разных районов ареала, испытываемых в условиях Красноярской лесостепи. Целью исследования являлась внутривидовая дифференциация сосны по устойчивости, радиальному росту и репродуктивным характеристикам деревьев, а также репродуктивная стратегия потомств в связи с сохранностью и радиальным ростом культур в новых условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований послужили эколого-географические культуры, созданные в 1966-1967 г. Институтом леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР на территории опытно-экспериментальной базы «Погорельский бор», в 38 км к северо-западу от г. Красноярск. К сожалению, данный лесосеменной объект уже уничтожен пожа-

*Работа поддержана РФФИ (проект № 06-04-48052) и интеграционным проектом СО РАН 5.23.

ром и, в связи с этим, полученная информация о репродуктивных свойствах климатипов сосны представляет определенную ценность для решения вопросов семеноводства. Район исследований расположен в бассейне реки Бузим на плоском водоразделе двух ее притоков, сложенном древнеаллювиальными отложениями (галечниками, песками и супесями) в типичных условиях северной лесостепи Средней Сибири. Почвы в районе исследований дерново-подзолистые, по температурному режиму являются сезонно мерзлотными и относятся к резко континентальному подтипу. Под пологом соснового леса они нередко промерзают на глубину до 160-180 см.

Известно, что основными показателями гетерогенности сосны из разных физико-географических районов являются различия в устойчивости и росте, а также в сроках начала и интенсивности семеношения. Репродуктивные свойства, наряду с устойчивостью и ростом, характеризуют наследственные особенности материнских насаждений, способность к адаптации в новых условиях и имеют особое значение в селекции и семеноводстве. В данной работе в географических культурах 25-летнего возраста изучались потомства материнских популяций сосны, произрастающих в лесорастительных условиях подзоны южной тайги и лесостепной зоны Сибири. Для характеристики урожая, радиального роста и сохранности в культурах учитывались все сохранившиеся к 25-летнему возрасту деревья. Необходимо отметить, что культуры в связи с густым размещением деревьев при посадке (по схеме 0,75x1,5) и удовлетворительной сохранностью на момент исследования представляли насаждения с высокой сомкнутостью, которая является одним из факторов, лимитирующих урожай женских шишек. Для изучения особенностей радиального прироста измерялись диаметры всех деревьев на высоте 1,3 м. Урожайность географических потомств сосны определялась методом глазомерной оценки - путем подсчета шишек на деревьях с последующим их сбором и определением морфометрических показателей шишек и семян. Жизнеспособность семян определялась с помощью рентгенографического метода (Щербакова, 1965).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования, проведенные в раннем (9-летнем) возрасте географических культур (Ирошников, 1977) показали, что у большинства потомств сосны шишки сформировались только на единичных деревьях. И лишь у представителей Чулымско-Енисейской, Верхнечулымской, Кузнецкой и Барабинской провинций (Курнаев, 1973) доля семеносящих деревьев составила 1-4,5%. Слабая урожайность потомств, очевидно, связана с интенсивным ростом в раннем возрасте, который, как известно, задерживает зацветание многолетних растений (Лепопольд, 1960), что подтверждено также и исследованиями В.О. Казаряна (1969).

Вступившие в фазу устойчивого семеношения,

25-летние потомства значительно различались по урожайности в зависимости от происхождения семян. На данном этапе в культурах продолжался отпад деревьев в связи с их дифференциацией по скорости радиального и линейного роста. Самоизреживание культур в стадии жердняка и формирование оптимальной для каждого климатипа густоты деревьев происходят в связи с наследственными особенностями климатипов. К 25-летнему возрасту показатели сохранности потомств сосны из разных районов ареала варьировали (табл. 1) от 19,6 до 82,5% (среднее значение 56,1%). Коэффициент вариации признака (28,5%) характеризует повышенный уровень межпопуляционной изменчивости и отражает различную специализацию генотипического состава материнских популяций сосны, произрастающих в разных природно-климатических условиях. Урожайность сосны зависит от ряда факторов и, в том числе, от наследственных свойств, сохранности и дифференциации особей по росту в культурах. Поэтому на первом этапе анализа сравнивались потомства, материнские популяции которых произрастают в сходных природно-климатических и лесорастительных условиях и являются представителями одного подвида. В результате была обнаружена обратная корреляционная зависимость интенсивности семеношения от сохранности культур и, соответственно, от густоты стояния деревьев, которая подтвердила традиционный вывод о связи данного показателя с полнотой насаждений. Связь интенсивности семеношения с сохранностью и, следовательно, с густотой культур отрицательна и наиболее высока ($R=-0,99$) у алтайских и казахстанских климатипов, представляющих подвид сосна кулундинская. Аналогичная связь у климатипов подвида сосна сибирская из Новосибирской, Томской областей и Красноярского края отражается коэффициентом корреляции - $R=-0,81$, характеризующим некоторое снижение ее тесноты. Показатели корреляционной зависимости характеризуют биологические особенности и сформировавшиеся конкурентные взаимоотношения деревьев в культурах.

Внутривидовые подразделения *Pinus sylvestris* L. subsp. *sibirica* Ledebour и *Pinus sylvestris* L. subsp. *kulundensis* Sukaczew, представленные в культурах группами климатипов, демонстрируют различия, обусловленные наследственными свойствами природных популяций, представляющих данные таксоны. В результате исследований было выявлено, что лучшие показатели урожайности свойственны представителям подвида сосна сибирская (*Pinus sylvestris* L. subsp. *sibirica*) – шегарский, томский и новосибирский климатипы. Доля семеносящих деревьев в этих культурах достигала 8,2-27,2% от общего их числа в образцах. У климатипов из островных боров Алтая и Казахстана, представляющих подвид сосна кулундинская (*Pinus sylvestris* L. subsp. *kulundensis*), интенсивность семеношения в новых условиях понижена.

Так, доля семеносящих деревьев у потомств подвида сосна кулундинская (коробейниковский, лебяженский, бескарагайский, климатипы) состави-

ла 3,6-9,2%. При этом средние показатели диаметров деревьев у этих потомств варьировали от 9,4 до 10,1 см и слабо отличались от аналогичных показателей представителей подвида сосна сибирская 9,0-10,1 см (табл. 1). Диаметры семеносящих деревьев у потомств подвида сосна кулундинская варьировали от 13,3 до 14,1 см, независимо от сохранности климатипов в пределах 20 - 54%. Эти значения достоверно превышают аналогичные показатели семеносящих деревьев подвида сосна сибирская (11,4-12,1 см). Учитывая корреляционную зависимость между показателями радиального и линейного роста, можно заключить, что в данных культурах представители подвида сосна кулундинская участвуют в семеношении, достигая более высоких показателей роста, по сравнению с аналогичными показателями

подвида сосна сибирская. Связь интенсивности семеношения с числом деревьев более высоких ступеней толщины ($D \geq 10$ см) положительная, сильная; для климатипов подвида сосна кулундинская $R=0,93$, для климатипов подвида сосна сибирская $R=0,73$. Показатели интенсивности семеношения отрицательно коррелируют с климатическими характеристиками районов происхождения материнских популяций - длиной вегетационного периода и суммой температур выше 5^0 ($R = -0,46$ и $R = -0,48$). Таким образом, коэффициенты корреляции, отражающие отрицательную связь средней тесноты, подтверждают преимущество (по интенсивности семеношения) популяций сосны из северных и северо-восточных по отношению к месту выращивания районов ареала.

Таблица 1 – Показатели сохранности, диаметров и урожайности подвидов и климатипов сосны в 25-летнем возрасте в географических культурах (Красноярская лесостепь)

Происхождение (лесхоз, республика, край, область)	Сохранность, %	Доля семеносящих деревьев, %	Доля деревьев с диаметром ≥ 10 см, %	Средний диаметр деревьев, см		Среднее число шишек на дереве, шт.	Распределение деревьев по числу шишек, %		
				всех	с шишками		от 1 до 10 шт.	от 11 до 49 шт.	≥ 50 шт.
Лебяженский, Алтайский край	54,0	4,0	43,4	10,0	14,1	9,3	1,7	2,3	-
Коробейниковский, Алтайский край	49,7	3,6	47,0	9,4	13,4	8,3	3,1	0,5	-
Бескарагайский, Павлодарская	19,6	9,2	53,3	10,1	13,3	10,4	7,3	1,9	-
Шегарский, Томская	52,8	27,2	52,5	9,8	11,8	14,9	15,3	10,2	1,7
Томский, Томская	55,2	23,4	56,0	10,1	12,1	16,4	12,0	10,0	0,5
Новосибирский, Новосибирская	62,0	24,7	45,0	9,4	11,9	11,9	18,6	5,5	0,6
Манский, Красноярский	56,8	16,4	44,0	9,5	11,7	10,7	10,2	5,8	0,4
Ачинский, Красноярский	70,0	9,4	38,0	9,0	12,0	9,3	6,7	2,7	-
Назаровский, Красноярский	82,5	8,2	32,1	9,0	11,4	7,4	7,5	0,7	-
Олекминский Якутия	58,0	20,5	34,5	8,2	11,2	8,5	15,3	5,2	-

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что представители изолированных степных боров подвида сосна кулундинская, произрастающих на песчаных почвах у южной границы ареала, предъявляют повышенные требования к условиям освещения, необходимым для формирования урожая женских шишек. Совместно произрастающие на лесокультурной площади подвиды и климатипы, различаются по интенсивности семеношения, демонстрируя при этом различную репродуктивную стратегию в условиях Красноярской лесостепи. Лимитирование репродуктивной деятельности представителей подвида сосна сибирская происходит при более высокой густоте культур и меньших показателях радиального и соответственно линейного роста, что свидетельствует о меньшей их требовательности к свету. Такой вывод в определенной степени отражают и коэффициенты, представляющие отношения средних диаметров семенося-

щих деревьев к средним диаметрам всей совокупности деревьев исследуемых климатипов. Так, например, данные показатели у представителей подвида сосна сибирская составляют 1,2-1,3, у сосны подвида сосна кулундинская – 1,3-1,4. В потомстве Олекминского климатипа из Якутии, представляющего северо-восточную часть ареала сосны, обнаружено 20,5% семеносящих деревьев, что подтверждает обратную корреляционную связь интенсивности семеношения с теплообеспеченностью района происхождения семян. Повышенный коэффициент (1,4) также свидетельствует о более высокой потребности (в связи с репродукцией) в свете якутской сосны.

Представители вида *Pinus sylvestris* L., произрастающие на бедных или многолетне-мерзлых, а также избыточно увлажненных или сухих почвах, характеризуются большим светолюбием, чем произрастающие на почвах с высокой трофностью.

Таблица 2 – Морфометрические показатели женских шишек сосны разного географического происхождения

Республика, край, область	Лесхоз	Длина, мм			Ширина, мм			Форма апофиза, %			Среднее число полнозернистых семян в 1 шишке, штук
		X±m	V, %	P, %	X±m	V, %	P, %	пло- ская	слабо- буторчатая	100	
Томская	Томский	42,8±0,03	5,6	0,8	21,1±0,02	7,1	1,0	-	-	100	16
Томская	Шегарский	42,7±0,05	5,9	1,1	21,2±0,05	11,4	2,3	64	36	36	14
Кемеровская	Гурьевский	44,5±0,02	9,8	1,9	21,5±0,03	9,1	1,6	40	60	60	16
Новосибирская	Новосибирский	43,0±0,04	4,4	0,6	22,1±0,03	9,6	1,3	68	32	32	21
Алтайский	Коробейниковский	48,0±0,07	8,5	1,2	25,9±0,05	13,8	2,0	92	8	8	22
Алтайский	Бобровский	43,0±0,06	7,4	1,5	21,2±0,03	6,8	1,4	56	44	44	8
Алтайский	Кулундинский	45,8±0,08	9,1	1,8	23,3±0,04	8,1	1,6	44	56	56	16
В.-Казахстанская	Аюдинский	42,9±0,06	6,0	1,2	23,1±0,03	11,0	2,2	-	100	100	9
Красноярский	Мотыгинский	45,7±0,07	7,6	1,5	22,7±0,44	10,0	2,0	100	-	-	12
Красноярский	Манский	43,8±0,07	10,2	1,6	22,1±0,03	8,8	1,4	-	100	100	19
Красноярский	Богучанский	45,8±0,06	7,2	1,4	20,5±0,02	5,0	1,0	100	-	-	8
Бурятия	Улан-Удэнский	49,6±0,08	6,9	1,3	29,1±0,06	10,4	2,1	-	100	100	26
Бурятия	Нижне-Ангарский	49,7±0,08	7,5	1,7	24,8±0,03	6,9	1,6	29	71	71	20
Бурятия	Мухор-Шибирский	45,1±0,06	8,7	1,2	23,1±0,02	7,2	1,1	100	-	-	9
Бурятия	Джидинский	45,2±0,07	7,3	1,5	20,8±0,02	6,3	1,3	72	28	28	11
Читинская	Тунгокоченский	45,9±0,08	8,5	1,7	20,9±0,06	14,2	2,8	76	24	24	15

Таблица 3 – Характеристика качества семян сосны в географических культурах в Красноярской лесостепи

Происхождение (республика, край, область, лесхоз)	Степень развития зародыша, в долях от длины эмбрионального канала, %			Аморфные, зародыш и эндосперм, %		Пустые, %	Жизне- способ- ность, %	Масса 1000 шт. семян в насаждениях, г	
	1,0-0,9	0,8-0,7	0,6-0,5	0,4-0,3	культуры			природные *	
Томская	81,4	6,5	0,5	1,2	6,8	3,6	87,8	6,3	5,8
Томская	93,3	0,4	0,7	0,2	5,4	-	93,8	8,0	6,0
Кемеровская	73,5	15,7	2,6	3,7	0,6	3,9	90,4	7,9	6,4
Новосибирская	92,9	1,0	-	0,1	1,6	4,4	93,9	6,8	5,8
Алтайский	92,0	12,0	0,2	0,2	1,3	6,3	92,0	8,7	8,1
Алтайский	90,0	0,7	0,7	0,3	7,3	-	92,2	8,8	7,0
Алтайский	71,3	0,8	0,6	0,3	9,5	17,5	72,1	7,0	7,3
Красноярский	86,0	1,2	-	0,2	3,1	9,5	87,0	6,5	5,5
Красноярский	62,6	3,8	-	1,6	25,7	6,3	66,4	6,2	5,0
Красноярский	92,0	2,6	-	0,3	0,3	6,8	92,5	7,0	5,3
В.-Казахстанская	69,1	-	0,4	0,2	4,9	25,4	69,0	7,9	7,5
Бурятия	89,1	1,2	0,2	0,1	2,7	6,6	90,3	8,9	6,5
Бурятия	86,2	0,3	0,8	1,0	6,6	5,1	86,4	7,8	5,2
Бурятия	67,8	1,4	0,6	1,4	9,3	19,4	69,3	8,9	6,2
Бурятия	86,9	0,2	0,3	2,1	3,8	6,7	87,0	7,1	5,7
Читинская	79,2	1,4	0,2	0,1	12,6	6,5	80,6	7,0	5,0

Примечание: * Данные по массе 1000 шт. семян взяты из паспортов материнских насаждений.

Таким образом, лимитирование хотя бы по одному из основных природных ресурсов (тепло или – влагообеспеченности) в районах происхождения климатипов делает сосну более светолюбивой, что вполне очевидно проявляется на примере эколого-географических культур. В таблицах 2 и 3 приведены морфологические показатели шишек и семян климатипов сосны. Для шишек всех климатипов характерна плоская, слабобугорчатая форма или сочетание двух форм апофизов семенных чешуй шишек в различном соотношении, которое, однако, не проявляет особой закономерности, характеризуя общие для вида свойства и его норму реакции в данных условиях. Размеры шишек варьируют значительно: длина от 43 до 50 мм, ширина от 21 до 29 мм. Наиболее крупные шишки характерны для сосны из Бурятии. Так, их длина, в зависимости от климатипа варьирует от 45 до 50 мм, а ширина – от 21 до 29 мм. Число шишек на дереве в пределах каждого климатипа характеризуется очень высоким уровнем изменчивости. В связи с этим для характеристики структуры урожая было выделено три категории деревьев: 1 – с минимальным числом шишек (от 1 до 10 шт.), 2 – со средним числом шишек – (от 11 до 50 шт.) и 2 – с наибольшим числом шишек – (50 и более шт.). Наиболее представительной у всех климатипов оказалась 1 группа с числом шишек от 1 до 10 шт. на дереве. Деревья третьей группы (с числом шишек 50 и более шт.) представлены только в популяциях подвида сосна сибирская. В пределах данного подвида доля их составляет 0,3 – 2,0%, но с возрастанием сохранности у ачинского и назаровского климатипов из Красноярского края до 70-82,5% она отсутствует.

На примере исследуемых климатипов наблюдается закономерное увеличение массы 1000 шт. семян в связи с повышением теплообеспеченности районов произрастания материнских насаждений. Так, наиболее крупные семена характерны для климатипов из южных районов ареала сосны (Алтайский край и Бурятия), их масса составила 7,0-8,9 г. Мелкие семена (6,2-6,5 г) свойственны сосне богучанского и мотыгинского климатипов из удаленных в северном направлении от пункта исследования районов Красноярского края. Отмечено возрастание массы семян в культурах в зависимости от климатипа на 0,4 г-2,7 г по сравнению с аналогичными показателями материнских насаждений (табл. 3), что в целом характерно для молодых насаждений. При этом очевидно, что наиболее активно реагируют на улучшение условий выращивания климатипы из Бурятии. Так, масса 1000 шт. семян по сравнению с аналогичными показателями материнских насаждений в культурах, увеличилась на 2,4-2,7 г, что, очевидно, связано с повышением влагообеспеченности. Менее значительное увеличение данного показателя характерно для сосны из районов Томской, Кемеровской областей, Красноярского и Алтайского краев, которые близки, или превосходят по теплообеспеченности район эксперимента. На примере самого южного климатипа (Алтайский край, Партизанский лесхоз) отмечено некоторое снижение массы 1000 шт. семян в усло-

виях Красноярской лесостепи. В отношении качества семян необходимо отметить, что категория со слабо развитым зародышем, занимающим 0,3-0,6 длины эмбрионального канала, снижающая показатели всхожести и энергии прорастания у всех образцов, незначительна и составляет 0,1-6,3%. Несколько больше в образцах доля пустых семян и семян с аморфным зародышем и аморфным эндоспермом. В целом жизнеспособность семян климатипов сосны в географических культурах достаточно высока – (84,8%±2,4%) и характеризуется низким уровнем изменчивости CV=11,5%, что свидетельствует о значительной степени адаптации генеративной сферы инорайонной сосны к новым условиям. Наиболее изменчивым является число семян в 1 шишке CV= 35,8%, которое тесно связано с условиями опыления и, в частности, зависит от степени развития мужской генеративной сферы. Размеры шишек, число семян в них, а также показатель массы 1000 шт. семян и их жизнеспособность имеют определенную адаптивную ценность, связанную с возобновительной способностью популяций.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализируя репродуктивные особенности сосны разного происхождения в географических культурах, можно заключить, что умеренно влажный климат лесостепной зоны Средней Сибири благоприятен для формирования урожая и получения качественных семян как для климатипов из южной тайги (*Pinus sylvestris* subsp. *sibirica* Ledebour – сосна сибирская), так и для климатипов лесостепной зоны (*Pinus sylvestris* subsp. *kulundensis* Sukacew – сосна кулундинская). Репродуктивная стратегия разных внутривидовых таксонов сосны является следствием взаимодействия генотипа растений с окружающей средой. При прочих равных условиях женская генеративная сфера, с которой связана урожайность сосны, формируется и развивается в конкретных необходимых для представителей разных подвидов и климатипов условиях освещения. Так, представители подвида сосна сибирская в условиях эксперимента (Красноярская лесостепь) характеризуются лучшей способностью к репродукции как при низкой, так и при относительно высокой полноте насаждений, что свидетельствует о высокой пластичности климатипов из центральной части ареала. Семена сосны из насаждений Ачинского, Назаровского и Манского лесхозов можно рекомендовать для создания лесосеменных участков и плантационного лесоразведения на обширных площадях вырубок и гарей в лесостепных и южно-таежных районах Красноярского края.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ирошников, А.И. Географические культуры хвойных в Южной Сибири / А.И. Ирошников // Географические культуры и плантации хвойных в Сибири - Новосибирск, 1977. - С. 4-10.
- Казарян, В.О. Старение высших растений / В.О. Казарян - М., 1969. - 312 с.
- Курнаев, С. Ф. Лесорастительное районирование СССР /

- С. Ф. Курнаев – М.: Наука, 1973. - 202 с.
- Леопольд, А. Рост и развитие растений / А. Леопольд - М., 1960. - 489 с.
- Мамаев, С.А. Разработка методов учета урожайности сосны обыкновенной в связи с изменчивостью деревьев по диаметру и величине плодоношения / С.А. Мамаев, В.М. Яценко // Внутривидовая изменчивость древесных растений - Свердловск, 1965. Вып. 47.- С. 63-66.
- Мауринь, А.М. Прогнозирование плодоношения древесных растений / А.М. Мауринь, и др. // Оптимизация использования и воспроизводства лесов СССР. М., 1977. - С. 50-33.
- Некрасова, Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири / Т.П. Некрасова - Новосибирск, 1960. - 132 с.
- Некрасова, Т.П. Семенные годы и проблема прогноза урожаев у хвойных пород / Т.П. Некрасова // (Тр. по лесн. хоз-ву Сибири.) - Новосибирск, 1957. - Вып. 3 С. 185-191.
- Санников, С.Н., Санникова Н.С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова - М., 1985. - 149 с.
- Санников, С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Естественное лесовозобновление в Западной Сибири (эколого-географический очерк) / С.Н. Санников, Н. С. Санникова, И.В. Петрова - Екатеринбург, 2004. - 198 с.
- Тимофеев, В.П. Структура урожаев семян в сосновых, еловых и лиственничных насаждениях / В.П. Тимофеев // Генетика и селекция лесных пород. – Каунас, 1972. – С. 33-70.
- Щербакова, М.А. Определение качества семян хвойных пород рентгенографическим методом / М.А. Щербакова - Красноярск, 1965. - 35 с.

Поступила в редакцию 10 декабря 2007 г.
Принята к печати 16 мая 2008 г.