

УДК 630.232.5



Р. Н. Матвеева, д.с.-х.н.

О. Ф. Буторова, д.с.-х.н.

Н. П. Братилова, д.с.-х.н.

Е. Ю. Соколова, аспирант

Ю. Е. Щерба, аспирант

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», Россия, Красноярск

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ПЛАНТАЦИЙ ПОТОМСТВОМ РАЗНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ

Аннотация

Приведены данные о росте и семеношении сосны кедровой сибирской разных популяций на опытных плантациях в Учебно-опытном лесхозе СибГТУ. Определены биометрические показатели 7-летних сеянцев. Отселектированы материнские деревья раннего семеношения, проведена проверка их по общей комбинационной способности с учетом показателей роста 7-летних полусибов, выделены генетически ценные деревья. Рекомендуется их использовать в качестве материнских для сбора семян в целях лесовосстановления на генетико-селекционной основе.

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская, популяция, плантации, сеянцы, семеношение, изменчивость, Сибирь

UDC 630.232.5

R. N. Matveeva, doctor of agricultural sciences

O. F. Butorova, doctor of agricultural sciences

N. P. Bratilova, doctor of agricultural sciences

E. Yu. Sokolova

Yu.E. Scherba

Siberian State Technological University, Russia, Krasnoyarsk

THE RATIONAL USE OF THE SIBERIAN CEDAR PINE GENE POOL FOR CREATING PLANTATIONS BY OFFSPRING OF DIFFERENT POPULATIONS

Abstract

Data on growth and seed-bearing of different populations of Siberian cedar pine at the experimental plantations of the Scientific-Experimental Forestry of the Siberian State Technological University are given. The biometric indicators of 7-year old seedlings have been defined. The maternal trees having early seed-bearing have been selected, their general combining ability has been tested with the account of growth indices of 7-year old semi sibs and genetically valuable trees have been singled out. It is recommended to use them as maternal trees for seed picking for the purpose of reforestation on the genetic and breeding basis.

Key words: pine Cedar Siberian, population, plantation, seedlings, seed-bearing, variability, Siberia

Введение

Одной из важных проблем мирового значения является рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. В настоящее время отмечается ухудшение экологической обстановки, что связано с гибелью лесов от пожаров, энтомовредителей, фитозаболеваний, заготовки древесины и др., генофонд которых формировался в течение нескольких веков в конкретных лесорастительных условиях. Согласно Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2020 г., к приоритетным направлениям относятся сохранение биологического разнообразия древесных видов, создание лесных плантаций с заданными свойствами на основе методов лесной генетики и селекции [12].

Главной задачей лесного хозяйства является повышение качества, устойчивости, продуктивности лесов, усиление их средообразующих функций, для чего при лесовосстановлении целесообразно использовать генетически ценные семена, заготовленные на лесосеменных плантациях.

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является ценной лесообразующей породой, не имеющей аналогов по разнообразию полезных функций: экологической, климаторегулирующей, водосберегающей; лесной продукции, включающей незаменимый кедровый орех, широко используемый в пищевой, фармацевтической промышленности.

Сосна кедровая сибирская произрастает преимущественно в Сибири на площади 39,8 млн. га от Екатеринбурга до Олекминска и от Игарки на севере до истоков реки Орхон в Монголии на юге. Кедровые насаждения отличаются значительным коэффициентом экологического воздействия [11], выделяя большое количество кислорода (4...9 тыс. т на 1 га), фитонцидов, оказывающих благотворное влияние на жизнедеятельность человека [14].

В пределах ареала сосна кедровая сибирская произрастает в различных экологических условиях, в том числе высоко в горах, болотистой местности, что послужило формированию различных экотипов, форм, биотипов, создаваемых природой в течение нескольких веков [7, 13].

Для сохранения и рационального использования генетических ресурсов природных популяций считается необходимым создание плантаций с использованием семян с отселектированных по целевому назначению деревьев [1, 3, 6].

Материалы и методика исследований

Исследования проведены на плантациях сосны кедровой сибирской, созданных в Караульном участковом лесничестве Учебно-опытного лесхоза СибГТУ Красноярского края. По лесорастительному районированию территория лесничества относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району [9]. На плантациях представлено семенное потомство сосны кедровой сибирской из популяций Красноярского края (бирюсинская, танзыбейская, ярцевская), Алтая (алтайская, урочища Атушкень, Туштуезень), Казахстана (лениногорская). Размещение посадочных мест составляет 5 х 5 м.

Места заготовки семян различаются по широте от 50°12' (лениногорская популяция) до 61°00' (ярцевская), по долготе – от 85°33' (лениногорская) до 92°30' (бирюсинская), по высоте над уровнем моря – от 300 м (бирюсинская) до 1700 м (лениногорская).

Эти популяции произрастают на территории трех лесосеменных районов: Кузнецко-североалтайский, Северосаянский, Среднеенисейский, отличающиеся климатическими условиями, типом леса, составом древостоя и др. Класс бонитета

древостоев составляет II-III, тип леса – в основном кедрово-разнотравный, кисличный; число единиц сосны кедровой сибирской в составе древостоя – от 5 до 10.

Программа исследований предусматривала: изучение изменчивости семенного потомства сосны кедровой сибирской разных популяций по биометрическим показателям, урожайности; проведение отбора ценных экземпляров на плантации для дальнейшего размножения, их генетическую оценку по семенному потомству с определением общей комбинационной способности.

При изучении индивидуальной и географической изменчивости сосны кедровой сибирской и анализа результатов пользовались общепринятыми методиками [2, 8, 10]. Уровень изменчивости показателей определяли по С.А. Мамаеву [5].

Общую комбинационную способность деревьев, дающих при свободном опылении лучшее потомство, оценивали путем сравнения показателей отдельных семей с установлением достоверных различий со средними значениями [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ изменчивости 49-летних деревьев сосны кедровой сибирской в зависимости от места произрастания материнских популяций показал, что их средняя высота варьирует от 9,5 до 11,1 м. Различие по высоте между крайними вариантами достигает 16,8 %. Наибольшая высота была у деревьев алтайской (ур. Курли) популяции, которая при 95% уровне вероятности существенно ($t_{\phi}=5,03-10,82$) отличалась от бирюсинского, ленинградского, ярославского вариантов. Уровень изменчивости высоты по вариантам опыта – низкий и средний.

Средний диаметр ствола по вариантам опыта варьирует от 20,6 до 28,5 см (рисунок 1).

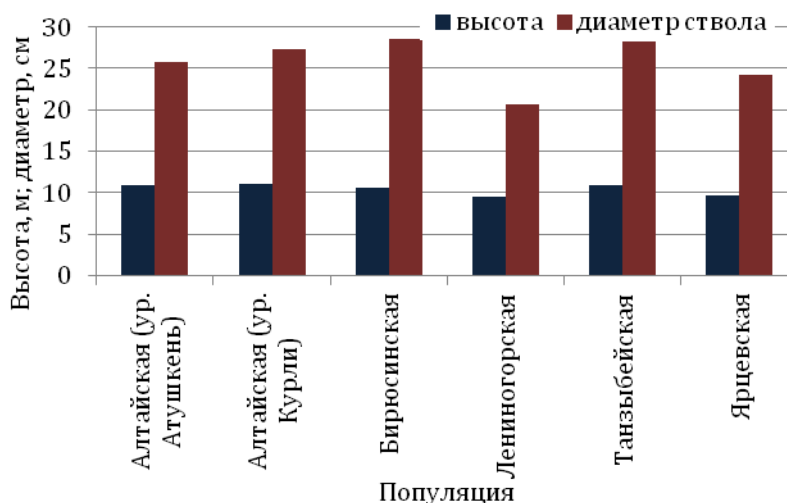


Рисунок 1 – Высота, диаметр ствола сосны кедровой сибирской потомств разных популяций

По диаметру ствола выделяются деревья бирюсинского (местного) варианта, хотя в сравнении с ним потомства алтайской (ур. Курли) и танзыбейской популяций различаются незначительно ($t_{\phi}<t_{05}$). Существенно меньший диаметр ствола (на 12,8...38,3%) был у деревьев в вариантах ленинградской, ярославской и алтайской (ур. Атушкен) популяций. Уровень варьирования диаметра ствола низкий в бирюсинском варианте, высокий – в алтайском варианте (ур. Атушкен), средний – в остальных.

У деревьев данного возраста диаметр кроны варьирует от 5,1 м (ленинградская) до 6,5 м (бирюсинская популяция). Деревья в бирюсинском варианте достоверно

на 5% уровне значимости превосходят потомства других популяций. Слабо развита крона у деревьев в лениногорском и ярцевском вариантах: на 21,1...27,4% меньше, чем в местном (бирюсинском). Варьирование показателя находится на высоком уровне в лениногорском, алтайском (ур. Атушкень) вариантах, среднем – в остальных. Деревья, отличающиеся большей высотой (бирюсинская, танзыбейская и алтайская (ур. Курли) популяции), имеют и больший диаметр ствола.

Длина хвои у деревьев потомств танзыбейской и ярцевской популяций больше на 5,6...10,8 % в сравнении с бирюсинской, лениногорской и алтайской (ур. Курли). Различие с потомством алтайской (ур. Атушкень) популяции незначительно.

Анализ репродуктивного развития сосны кедровой сибирской на плантациях свидетельствует о большой изменчивости образования шишек на дереве, как по годам, так и по происхождению. Наибольшая урожайность отмечена у потомства ярцевской популяции. Количество шишек на дереве превышало другие варианты на 39,4...95,5 % (таблица 1).

Таблица 1 – Образование шишек на деревьях в зависимости от места сбора семян

Популяция	Количество шишек на дереве, шт., по годам				
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	всего
Алтайская (ур. Атушкень)	22,9	5,3	18,5	3,5	50,2
Алтайская (ур. Курли)	13,4	3,2	23,0	4,5	44,1
Бирюсинская	9,5	1,4	21,6	3,3	35,8
Лениногорская	17,0	4,6	13,5	3,6	38,7
Танзыбейская	9,4	2,3	19,5	17,0	48,2
Ярцевская	27,6	10,5	16,6	15,3	70,0

Деревьев, образовавших только шишки, было больше в варианте алтайского (ур. Курли) происхождения, только микростробилы – в потомстве танзыбейской популяции. Наибольшее количество деревьев, сформировавшихся как однодомные, т.е. сформировавшие на дереве и шишки и микростробилы, было в бирюсинском и танзыбейском вариантах.

Среднее количество микростробиллов на дереве по годам варьировало от 218 шт. (потомство ярцевской популяции) до 568 шт. (танзыбейской).

У отселектированных по урожайности деревьев была оценена степень тесноты связи показателей в зависимости от величины коэффициента корреляции. Тесная связь установлена между диаметрами ствола и кроны ($r=0,730\pm0,076$), умеренная – между высотой дерева и диаметром ствола ($0,454\pm0,129$), диаметром ствола и количеством микростробиллов ($0,417\pm0,134$). Связь между другими показателями материнских деревьев раннего семеношения – слабая или умеренная с высоким значением ошибки ($r/m < t_{05}$).

Из семян, собранных с деревьев раннего семеношения, выращено потомство популяций второго поколения. Сопоставлены показатели 15-и семей сравниваемых вариантов (таблица 2).

Отмечено, что в 7-летнем возрасте коэффициент варьирования высоты и диаметра стволика у полусибов разных семей составил 15,9...39,6 %. Наибольшие показатели были у полусибов семьи Та-5 танзыбейского происхождения. Средняя высота полусибов данной семьи превышала высоту сравниваемых вариантов на 18,8...134,5 %, диаметр стволика – на 31,8...131,1 %.

Таблица 2 – Изменчивость высоты, диаметра ствола 7-летних сеянцев в разных семьях

Популяция	Номер семьи	Высота, см			Диаметр ствола, мм		
		X±m	V, %	t _ф	X±m	V, %	t _ф
Алтайская (ур. Атушкень)	5-6	45,4±3,21	38,6	4,96	9,5±0,67	38,7	2,95
	5-28	35,9±1,75	26,8	6,69	6,1±0,36	32,1	5,50
	5-117	36,4±1,39	20,9	6,70	6,7±0,22	18,3	5,18
	5-149	54,3±2,33	23,5	3,94	9,2±0,18	20,4	3,45
Алтайская (ур. Курли)	Ку-55	35,1±1,16	18,1	6,93	6,1±0,18	15,9	5,63
	Ку-76	37,3±1,44	19,2	6,56	6,2±0,31	24,8	5,47
	Ку-89	56,1±2,42	22,8	3,67	8,8±0,47	28,1	3,57
Бирюсинская	Би-12	40,9±1,20	16,1	6,07	5,9±0,27	24,9	5,71
Лениногорская	4-99	51,3±2,38	25,4	4,35	8,4±0,45	29,2	3,85
Танзыбейская	Та-5	82,3±6,71	31,6	-	14,1±1,41	38,7	-
	Та-16	59,5±2,83	24,7	3,13	9,1±0,48	27,3	3,36
	Та-44	69,3±2,84	22,5	1,78	10,7±0,71	36,6	2,15
	Та-74	41,5±1,39	18,3	5,95	6,2±0,45	39,6	5,34
Ярцевская	6-59	53,6±2,88	29,5	3,93	9,1±0,54	32,2	3,31
	6-65	52,0±2,86	30,1	4,15	7,8±0,54	37,6	4,17

Примечание: X – среднее арифметическое значение, m – ошибка среднего арифметического значения, V – коэффициент варьирования, t_ф – критерий достоверности различий Стьюдента при t₀₅=1,96.

Наибольший диаметр стволика был у полусибов семей Та-5, Та-16, Та-44 танзыбейской, 6-59 ярцевской, 5-6, 5-149, Ку-89 алтайских популяций. Диаметр стволика в семьях 7-летних сеянцев алтайской популяции варьировал от 6,1 до 9,5 мм, то есть различие между крайними вариантами составило 1,6 раза при среднем и высоком уровнях изменчивости.

Показатель качества (d/H), определяемый как отношение диаметра стволика у корневой шейки к высоте, в большинстве семей равен от 0,14 до 0,18. Высокий показатель качества (0,21) наблюдался в семье 5-6 алтайской популяции (ур. Атушкень), низкий (0,14) – в семье Би-12 бирюсинской (местной) популяции.

Уровень изменчивости количества почек у 7-летних полусибов очень высокий. Сеянцы лениногорской популяции с наибольшим количеством почек достоверно превосходят алтайские и бирюсинский варианты в 1,2...2,2 раза (t_ф =3,66...6,73). Особенно выделяется семья Та-5, в которой среднее количество верхушечных почек составило 4,8 шт. Среди сеянцев алтайской популяции большее количество почек на центральном побеге было в семьях 5-6, 5-149 (ур. Атушкень), Ку-89 (ур. Курли), танзыбейской – Та-5, Та-16, Та-44, ярцевской – 6-59.

Коэффициент наследуемости высоты в узком смысле (h²), характеризующий долю генотипической дисперсии, обусловленной суммарным количеством генов, отвечающих за показатель, равен 0,255. Результаты согласуются с литературными данными для 7-летних сеянцев сосны замечательной (h²=0,20) [15].

Общая комбинационная способность (ОКС), определенная по показателям 7-летнего потомства, позволила выделить ценные по генотипу деревья. Высота в некоторых семьях имела превышение над средним значением от 5,4 до 33,4 см (таблица 3).

Таблица 3 – Определение ОКС материнских деревьев по высоте 7-летних полусибов, см

Популяция	Номер дерева	$X \pm m$	Δ ОКС	t_{ϕ} при $t_{05}=1,96$
Алтайское (ур. Атушкень)	5-6	45,4 $\pm$ 3,21	-3,5	1,05
	5-28	35,9 $\pm$ 1,75	-13,0	6,53
	5-117	36,4 $\pm$ 1,39	-12,5	7,42
	5-149	54,3 $\pm$ 2,33	5,4	2,15
Алтайское (ур. Курли)	Ку-55	35,1 $\pm$ 1,16	-13,8	9,20
	Ку-76	37,3 $\pm$ 1,44	-11,6	6,72
	Ку-89	56,1 $\pm$ 2,42	7,2	2,77
Бирюсинское	Би-12	40,9 $\pm$ 1,20	-8,0	5,23
Лениногорское	4-99	51,3 $\pm$ 2,38	2,4	0,94
Танзыбейское	Та-5	82,3 $\pm$ 6,71	33,4	4,93
	Та-16	59,5 $\pm$ 2,83	10,6	3,55
	Та-44	69,3 $\pm$ 2,84	20,4	6,81
	Та-74	41,5 $\pm$ 1,39	-7,4	4,40
Ярцевское	6-59	53,6 $\pm$ 2,88	4,7	1,55
	6-65	52,0 $\pm$ 2,86	3,1	1,03
Среднее значение		48,9		

Примечание: Δ ОКС – различие между средним арифметическим значением и значением варианта

Наибольшей общей комбинационной способностью с учетом высоты полусибов имели деревья алтайских 5-149 (ур. Атушкень), Ку-89 (ур. Курли), танзыбейской Та-5, Та-16, Та-44 популяций. Высокой ОКС с учетом диаметра стволика сеянцев отличаются материнские деревья 5-149 алтайской (ур. Атушкень), Та-5 и Та-44 танзыбейской популяций, у которых этот показатель достоверно ($t_{\phi} > t_{05}$) превышает среднее значение.

Выводы

1. На плантациях сосны кедровой сибирской лучшим ростом в условиях Северосаянского лесосеменного района горно-черневого подрайона в 49-летнем возрасте отличаются деревья бирюсинской (местной) и танзыбейской популяций, материнские насаждения которых произрастают в горно-таежно-черневом подрайоне того же лесосеменного района, что и местное, а также алтайской (ур. Курли), лучший рост которых можно объяснить II классом бонитета материнской популяции против III класса бонитета других сравниваемых вариантов.

2. Наибольшее количество шишек на деревьях за 4-летний период было у потомства ярцевской, танзыбейской, алтайской (ур. Атушкень) популяций. По максимальному образованию микростробилов отмечено потомство танзыбейской популяции.

3. Такие показатели как высота, диаметр стволика сеянцев целесообразно использовать при определении общей комбинационной способности деревьев по их семенному потомству. Отселектированные по ОКС деревья, произрастающие на плантации, являются ценными в генетическом отношении. Рекомендуются их использовать в качестве материнских для сбора семян в целях лесовосстановления на генетико-селекционной основе.

4. Семенное потомство сосны кедровой сибирской разных популяций, отличаясь изменчивостью показателей, служит сохранению биологического разнообразия данного вида, формируемого в конкретных лесорастительных условиях и является

резервным фондом семян с целью восстановления популяций, погибших от негативных воздействий.

Литература

1. Братилова, Н.П. Изменчивость и отбор 42-45-летних деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения (зеленая зона г. Красноярск) / Н.П. Братилова, Р.Н. Матвеева, С.А. Орешенко, А.М. Пастухова. – Красноярск: СибГТУ, 2013. – 133 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
3. Ефимов, Ю.П. О новой категории семенных плантаций древесных пород в лесном семеноводстве России // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения) / Ю.П. Ефимов. – Гомель, 2003. – С. 200-204.
4. Котов, М.М. Применение биометрических методов в лесной селекции / М.М. Котов, Э.П. Лебедева. – Горький: ГГУ, 1977. – 120 с.
5. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 284 с.
6. Матвеева Р.Н. Изменчивость семенного и вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны кедровой сибирской в условиях юга Средней Сибири / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова. – Красноярск: СибГТУ, 2013. – 218 с.
7. Николаева, С.А. Морфологические формы кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в высокогорных лесах Северо-Чуйского хребта: I. Морфологический аспект / С.А. Николаева, Д.А. Савчук // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 2(22). – С. 101-114.
8. Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – Л.: ЛТА, 1967. – 74 с.
9. Перечень лесорастительных зон // Приказ № 68 от 28.03.2007 г. «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации». – М.: Мин-во природных ресурсов РФ, 2007. – 17 с.
10. Правдин, Л. Ф. Ближайшие задачи научных исследований и практики по лесной генетике и селекции в Сибири / Л. Ф. Правдин // Селекция древесных пород в Восточной Сибири. – М.: Наука, 1964. – С. 5-19.
11. Протопопов, В. В. Условия освещенности в кедровых древостоях Западного Саяна / В. В. Протопопов // Физиология древесных пород Сибири. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР. – 1965. – С. 115-122.
12. Савинов, А.И. Основные задачи лесного хозяйства на современном этапе / А.И. Савинов // Лесное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 2-5.
13. Титов, Е.В. Ценный генофонд плюсовых деревьев кедра сибирского на семенную продуктивность в Горном Алтае / Е.В. Титов // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – Красноярск: СибГТУ, 2014. – С. 89-93.
14. Чесноков, Н. И. Оценка кислородообразующей функции леса / Н. И. Чесноков, В.М. Долгошеев // Лесное хозяйство. – 1978. – № 7. – С. 32-34.
15. Espinel, S. Genetic parameter estimates for *Pinus radiata* in Basque country, Northern Spain / S. Espinel, A. Aragones // N. Z. J. Forest. Sci. – 1997. – 27, № 3. – С. 272-279.

References

1. Bratilova N.P., Matveeva R.N., Oreshenko S.A., Pastukhova A.M. (2013): Variability and selection of Siberian cedar pine trees in years 42 to 45 of different geographical origin (green zone of Krasnoyarsk). Siberian State Technological University, Krasnoyarsk. (in Russian).
2. Dospekhov B. A. (1985): Methods of the field experiment (on the base of statistical processing of investigation results). Agropromizdat, Moscow. (in Russian).
3. Efimov Yu.P. (2003): On a new category of seed plantations of arboreous species in the forest seed-growing of Russia. In: Breeding, genetic resources and gene pool preservation of forest arboreous plants (Vavilov's readings). Gomel, 200-204. (in Russian).
4. Kotov M.M., Lebedeva E.P. (1977): Biometric methods application in the forest breeding. GGU, Gor'ky. (in Russian).
5. Mamaev S.A. (1972): Forms of intraspecific variability of arboreous plants (on the example of *Pinaceae* family in the Urals). Nauka, Moscow. (in Russian).
6. Matveeva R.N., Butorova O.F. (2013): Variability of seed and vegetative progeny of Siberian cedar pine trees in conditions of the south of Middle Siberia. Siberian State Technological University, Krasnoyarsk. (in Russian).
7. Nikolaeva S.A., Savchuk D.A. (2013): Morphological forms of siberian stone pine trees (*Pinus sibirica* Du Tour) in high altitudinal forests of Severo-Chuisky range: 1. Morphological aspect. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [Herald of Tomsk State University. Biology], 2: 101-114. (in Russian).
8. Ogievskiy V.V., Khirov A.A. (1967): Inspection and investigation of arboreous cultures. LTA, Leningrad. (in Russian).
9. A list of forest zones (2007): Order №68 28.03.2007 "On confirmation of a list of forest zones and forest regions of Russian Federation". Ministry of Nature Resources of RF, Moscow. (in Russian).
10. Pravdin L.F. (1964): The nearest tasks of research and practice on forest genetics and breeding in Siberia. In: Breeding of arboreous species in East Siberia. Nauka, Moscow, 5-19. (in Russian).
11. Protopopov V.V. (1965): Lighting conditions in cedar forests of Western Sayan. In: Physiology of arboreous species of Siberia. Krasnoyarsk, 115-122. (in Russian).
12. Savinov A.I. (2010): Basic tasks of forestry at present stage. Lesnoe khozyaystvo [Forestry], 1: 2-5. (in Russian).
13. Titov V.V. (2014): Valuable gene pool of plus trees of Siberian cedar for seed productivity in the Gorno-Altai. Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy [Fruit-growing, seed-growing, introduction of arboreous plants], 17(17): 89-93. (in Russian).
14. Chesnokov N.I., Dolgosheev V.M. (1978): Assessment of the oxygen-forming function of the forest. Lesnoe khozyaystvo [Forestry], 7: 32-34. (in Russian).
15. Espinel S., Aragones A. (1997): Genetic parameter estimates for *Pinus radiata* in Basque country, Northern Spain. N. Z. J. Forest. Sci., 27: 272-279.