

УДК 630*165.51

DOI: 10.15393/j2.art.2018.4081

Статья

Изменчивость морфологических признаков лиственницы сибирской, интродуцированной на нарушенные земли Егорьевского месторождения фосфоритов

Максим А. Лавренов¹, Сергей Б. Васильев¹ и Вячеслав А. Борисов^{1,*}

¹ МГТУ им. Н. Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1; E-Mails: MaxLavrenov93@mail.ru (М. Л.); svasilyev@mgul.ac.ru (С. В.); vborisov@bmstu.ru (В. Б.)

* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: vborisov@bmstu.ru (В. Б.);
Tel.: +7(498)6873588.

Получена: 29 марта 2018 / Принята: 31 марта 2018 / Опубликовано: 4 апреля 2018

Аннотация: Целью данной работы является исследование изменчивости морфологических признаков лиственницы сибирской, интродуцированной на земли, нарушенные открытой добычей фосфоритов (г. Воскресенск, Московская область). В статье анализировалась эндогенная и индивидуальная изменчивость морфологических признаков семян (длина и ширина семени), шишек (длина и ширина шишек, количество чешуй в шишке) и хвои (длина хвои), дана оценка связи между данными признаками в отношении направленности, тесноты и формы, установлена степень генетической детерминации исследованных признаков на основании коэффициента наследуемости в широком смысле (H²). Проведён сравнительный анализ индивидуальной изменчивости лиственницы сибирской, произрастающей на ЕМФ, с популяцией из естественных условий произрастания (Иркутское лесничество, Иркутская область) и объектами Ивантеевского дендрологического сада (г. Ивантеевка, Московская обл.). Все исследованные интродуценты родом из Иркутска.

Ключевые слова: лиственница сибирская, интродукция, изменчивость морфологических признаков.

DOI: 10.15393/j2.art.2018.4081

Article

Variability of morphological features of the Siberian larch introduced on the disturbed land of the Egorievsk deposit of phosphorite

Maksim Lavrenov¹, Sergey Vasiliev¹ and Vyacheslav Borisov^{1*}

¹ BMSTU (Mytishchi branch), 141005, Moscow region, Mytishchi city, 1-st Institutskaya street, Building 1; E-Mails: MaxLavrenov93@mail.ru (M. L.); svasilyev@mgul.ac.ru (S. V.); vborisov@bmstu.ru (V. B.)

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: vborisov@bmstu.ru (V. B.); Tel.: +7(498)6873588.

Received: 29 March 2018 / Accepted: 31 March 2018 / Published: 4 April 2018

Abstract: The purpose of this work is to study the variability of the morphological features of Siberian larch introduced on land, disturbed by open phosphorite mining (in the city of Voskresensk, Moscow Region). Endogenous and individual variability of morphological features of seeds (the length and width of a seed), cones (the length and width of cones, the number of scales in the cone) and needles (the length of needles) are analyzed, the relationship between these attributes in relation to their orientation, tightness and shape, the degree of genetic determination of the investigated features is determined on the basis of the heritability factor in the broad sense (H²). A comparative analysis of the individual variability of Siberian larch growing on the Egorievsk phosphorite mining with a population from natural growth conditions (Irkutsk Forestry, Irkutsk Region) and Ivanteevsky Dendrological Garden (Ivanteevka, Moscow Region) was carried out. All the studied introduced plants are native of Irkutsk.

Keywords: Siberian larch, introduction, variability of morphological features.

1. Введение

В Нечернозёмной зоне России выявлены значительные площади распространения фосфоритовых месторождений. В настоящее время эксплуатируются такие крупные месторождения, как Егорьевское (Московская область), Полпинское (Брянская область), Вятско-Камское (Кировская область), Кингисеппское (Ленинградская область). Все фосфоритные месторождения Нечернозёмной зоны России являются морскими отложениями платформенного типа [1], [2, с. 85—86].

Сложное суммарное взаимодействие природных и техногенных факторов, по-разному сбалансированных в пределах ЕМФ, приводит к формированию различных по свойствам участков нарушенных земель. Земли, которые нарушаются в процессе добычи руды, в большинстве случаев не имеют как плодородных почв, так и потенциально плодородных пород. Почвы здесь в основном дерново-подзолистые супесчаные и песчаные с низким содержанием естественного плодородия. Подстилаются они, главным образом, кварцевыми песками. Поэтому внутренние отвалы состоят большей частью из кварцевых песков [1], [3, с. 20—21].

Наиболее перспективным видом преобразования техногенных ландшафтов Егорьевского месторождения фосфоритов является лесная рекультивация земель, занимающая более 75 % от общего объёма рекультивации. Это требует весьма обоснованного подхода к выбору ассортимента древесных пород, который расширялся за счёт внедрения в том числе лиственницы сибирской (помимо кедровой сосны, сосны Банкса и берёзы карельской).

Тип лесных культур лиственницы при рекультивации техногенных ландшафтов указан в таблице 1.

Таблица 1. Тип лесных культур лиственницы сибирской

Порода	Схема смешения	Размещение, м	Густота, тыс. шт./га	Посадочный материал, лет
Лиственница сибирская	Лс — Лс — Лс	3,0 × 1,0	3,3	СН — 1

Примечание: СН — сеянцы.

Целью работы является исследование изменчивости лиственницы сибирской, интродуцированной на земли, нарушенные открытой добычей фосфоритов (г. Воскресенск, Московская область). Полученные результаты сравнивались с нашими данными по изменчивости морфологических признаков лиственницы сибирской, интродуцированной в Ивантеевском дендрологическом саду (г. Ивантеевка, Московская область) и произрастающей в естественных условиях обитания в Иркутском лесничестве Иркутской области. Исследованные интродуценты выращены из семян, полученных из Иркутска. Анализировалась эндогенная и индивидуальная изменчивость морфологических признаков

семян, шишек и хвои. Дана оценка связи между данными признаками на основании расчёта коэффициента корреляции (r) и корреляционного отношения (η). На основании коэффициента наследуемости в широком смысле (H^2) установлена степень генетической детерминации исследованных признаков.

2. Объекты исследований

Площадь распространения Егорьевского месторождения фосфоритов составляет 500 км. Район исследований расположен в 80—100 км к юго-востоку от Москвы на левом берегу р. Москвы в пределах западной части Мещерской провинции зоны смешанных лесов. Климат района умеренно-континентальный, характеризуется поздними весенними и ранними осенними заморозками. Почвы зональных сообществ дерново-подзолистые слабой и реже средней степени оподзоленности, лёгкого механического состава, бедные гумусом и питательными веществами. Возраст деревьев на момент обследования 35—40 лет [1].

Ивантеевский дендрологический сад расположен в 35 км к северо-востоку от г. Москвы, вблизи г. Ивантеевки. Почвенный покров представлен дерново-среднеподзолистыми пылевато-суглинистыми почвами. Лиственница сибирская выращена из семян, полученных из Иркутского лесничества [4]. Средний возраст деревьев на момент обследования 65 лет.

Иркутское лесничество расположено в юго-восточной части Иркутской области. По климатическому районированию территория лесничества относится к области резко континентального климата с умеренно суровой малоснежной зимой и коротким тёплым летом. Почвы дерново-подзолистые, по механическому составу — суглинистые. Пробная площадь заложена в Приморском участковом лесничестве, квартале 39. Средний возраст исследованных деревьев 50—75 лет.

3. Методика исследований

При исследовании изменчивости морфологических признаков семян, шишек и хвои мы учитывали длину и ширину семени, длину шишки, ширину шишки, количество чешуй в шишке и длину хвои. В результате продемонстрированы объём генеральной выборки (N), наибольшее и наименьшее значение признака (X_{\max} и X_{\min} соответственно), средняя арифметическая величина признака ($X_{\text{ср}}$), среднее квадратическое отклонение для выборки (S), ошибка средней арифметической величины признака ($S_{\bar{x}}$), коэффициент вариации (V), показатель точности опыта (P).

Оценка коэффициента вариации проводилась по шкале изменчивости признаков С. А. Мамаева [5], [6]. Оценка наследования количественных признаков рассчитана по методу В. М. Роне [6], [7]. Для выявления степени генетической детерминации исследованных количественных признаков проводился расчёт коэффициентов наследования данных видов в широком смысле (H^2).

Оценку связи между признаками производили в отношении направленности, тесноты и формы по методике Н. Н. Свалова: «Коэффициент корреляции (r) является показателем прямолинейной связи. Корреляционное отношение (η) является показателем криволинейной связи». Оценку формы связи дают на основе сопоставления показателей связи. Вычисляют так называемую меру криволинейности k и критерий криволинейности t_k . В расчётах учитывается также ошибка коэффициента корреляции (S_r) и корреляционного отношения (S_η)» [8]. Теснота связи между признаками оценивалась по величине показателей связи r и η .

Для определения коэффициента корреляции и корреляционного отношения вычислялись начальные моменты (m_{1x} и m_{2x} , m_{1y} и m_{2y} , m_{1xy} , $m_{2y/x}$) и основные отклонения (S'_x и S'_y).

4. Результаты и обсуждение

Изменчивость морфологических признаков семян лиственницы сибирской на нарушенных землях ЕМФ

По мнению В. Н. Сукачёва [9], исследованные нами признаки семян (таблица 2) имеют как диагностическое, так и филогенетическое значение.

Таблица 2. Изменчивость морфологических признаков семян лиственницы сибирской на ЕМФ

Морфологический признак семян	N, шт	X_{max} , мм	X_{min} , мм	$X_{ср}$, мм	S, мм	$S\bar{x}$, мм	V, %	P, %
Длина	200	5,6	2,1	3,83	0,66	0,06	17,3	1,22
Ширина	200	5,1	1,5	2,62	0,49	0,05	18,89	1,91

Из таблицы 2 видно, что средняя длина семени лиственницы сибирской, произрастающей на ЕМФ, составляет $3,8 \pm 0,06$ мм, а средняя ширина — $2,62 \pm 0,05$ мм. Данные морфологические признаки семян варьируют на среднем уровне. Опыт можно считать достаточно точным, так как показатель P не превышает 5 %.

Показатели связи морфологических признаков семян лиственницы сибирской

При определении прямолинейного (r) и криволинейного (η) показателей связи морфологических признаков семян (таблица 3) за независимый признак (X) взята ширина семени, а длина семени выражена как зависимый признак (Y).

Таблица 3. Определение показателей r и η для длины и ширины семян лиственницы сибирской

Исследуемые признаки	m_{1x}	m_{2x}	m_{1y}	m_{2y}	m_{1xy}	$m_{2y/x}$	S'_x	S'_y	r	η
Длина и ширина семени, мм	-0,46	4,812	-0,048	6,760	-0,312	1,367	2,145	2,582	-0,06	0,452

Так как коэффициент корреляции (r) близок к нулю, то можно считать, что прямолинейная связь между данными признаками отсутствует. Однако криволинейная связь умеренная. Отрицательное значение показателя r показывает обратную связь между шириной и длиной семени. Также данный показатель говорит о том, что из 1000 каких-то факторов только 60 действуют на изменение обоих признаков в одинаковом направлении.

Далее представлены расчёт ошибки коэффициента корреляции (S_r) и корреляционного отношения (S_η), а также мера и критерий криволинейности (κ и t_κ) (таблица 4).

Таблица 4. Оценка связи между длиной и шириной семени

Исследуемые признаки	S_r	S_η	t_r	t_η	S_κ	κ	t_κ
Ширина семени, мм (X)	0,063	0,05	-0,952	9,04	0,045	0,2	4,444
Длина семени, мм (Y)							

Таким образом, критерий криволинейности (t_κ) подтверждает, что связь длины и ширины семени не может считаться прямолинейной, так как t_κ больше табличного критерия $t_{0,05}$.

Эндогенная изменчивость морфологических признаков шишек и хвои лиственницы сибирской

Согласно С. А. Мамаеву: «Эндогенная изменчивость — это изменчивость признаков в пределах особи. В основе эндогенной изменчивости организма лежат две причины. Это, во-первых, биологические особенности роста и развития данного вида, обуславливающие взаимокорреляцию органов в пределах индивидуума. Во-вторых, огромное значение имеют особенности взаимодействия органов растения с внешней средой» [5, с. 36—37].

В систематике видов *Larix Mill* важнейшее значение имеют признаки строения зрелых шишек [10, с. 6]. Среди количественных признаков хвои длина хвои имеет гораздо меньший размах варьирования, что говорит о довольно высокой степени независимости этого признака от внешней среды [5, с. 39].

При исследовании эндогенной изменчивости данных морфологических признаков (таблица 5) мы учитывали 50 деревьев лиственницы сибирской, произрастающих на нарушенных землях ЕМФ.

Таблица 5. Эндогенная изменчивость морфологических признаков лиственницы сибирской

Район исследования	Пределы коэффициента вариации			
	Длина шишки	Ширина шишки	Количество чешуй в шишке	Длина хвои
г. Воскресенск (нарушенные земли ЕМФ)	6,2—24,5	6,3—22,5	6,2—28,7	9,5—27,3

Из таблицы 5 видно, что изменчивость морфологических признаков шишек и хвои варьирует от очень низкого до высоко уровня по всем рассмотренным параметрам.

Индивидуальная изменчивость морфологических признаков шишек и хвои лиственницы сибирской

Индивидуальная изменчивость видов *Pinaceae* была отмечена ещё в работах систематиков конца XVIII — начала XIX в. Оценка индивидуальной изменчивости дала толчок к развитию лесной селекции, которая в значительной степени основывается на отборе и разведении хозяйственно ценных вариаций древесных пород [5, с. 74].

В таблице 6 продемонстрирован расчёт индивидуальной изменчивости морфологических признаков шишек и хвои.

Таблица 6. Индивидуальная изменчивость морфологических признаков шишек и хвои

Морфологический признак	N, шт	X _{max} , см	X _{min} , см	X _{ср} , см	S, см	S \bar{x} , см	V, %	P, %
Длина шишек	150	4,1	1,7	2,8	0,5	0,04	17,4	1,4
Ширина шишек	150	3,2	1,3	2,2	0,4	0,03	15,8	1,3
Количество чешуй в шишке	150	46	15	25,7	5,1	0,4	19,9	1,6
Длина хвои	200	3,8	1,1	2,1	0,6	0,04	25,9	1,8

Таким образом, средняя длина шишки составляет $2,8 \pm 0,04$ см, средняя ширина шишки — $2,2 \pm 0,03$ см, среднее количество чешуй в шишке — $25,7 \pm 0,4$ шт. При этом данные признаки варьируют на среднем уровне. Опыт можно считать достаточно точным, так как показатель P не превышает 5 %.

Средняя длина хвои составляет $2,1 \pm 0,04$ см, признак варьирует на высоком уровне.

Показатели связи морфологических признаков шишек лиственницы сибирской

При оценке показателей связи морфологических признаков шишек лиственницы сибирской мы рассмотрели связь между: 1) длиной шишки (X) и её шириной (Y), 2) длиной шишки (X) и количеством чешуй в шишке (Y), 3) шириной шишки (X) и количеством чешуй (Y).

Таблица 7. Определение показателей r и η морфологических признаков шишек лиственницы сибирской

Исследуемые признаки	m _{1x}	m _{2x}	m _{1y}	m _{2y}	m _{1xy}	m _{2yx}	S _x	S _y	r	η
Длина и ширина шишки, мм	-0,33	6,45	-0,27	3,15	2,92	1,734	2,518	1,755	0,641	0,734
Длина и количество чешуй в шишке, шт.	0,66	6,88	-1,8	5,86	1,24	4,619	2,539	1,62	0,590	0,725
Ширина и количество чешуй в шишке, шт.	-0,3	3,14	0,17	2,85	1,34	0,749	1,746	1,680	0,474	0,505

Из таблицы 7 видно проявление значительной прямолинейной и тесной криволинейной связи длины шишек как с шириной шишек, так и с количеством чешуй в шишке. Более половины каких-то факторов (59—73 %) действуют на изменение данных связанных признаков в одинаковом направлении. Между шириной шишки и количеством чешуй в шишке наблюдается более слабая связь — умеренная прямолинейная и значительная (на границе с умеренной связью) криволинейная. Из 1000 каких-то факторов около половины действуют на изменение обоих признаков в одинаковом направлении (47—51 %).

Далее представлены расчёт ошибки коэффициента корреляции (S_r) и корреляционного отношения (S_η), а также меры и критерии криволинейности (κ и t_κ) (таблица 8).

Таблица 8. Оценка связи морфологических признаков шишек

Исследуемые признаки	S_r	S_η	t_r	t_η	S_κ	κ	t_κ
Длина шишки, мм (X) Ширина шишки, мм (Y)	0,059	0,046	10,864	15,957	0,067	0,128	1,910
Длина шишки, мм (X) Количество чешуй в шишке, шт. (Y)	0,066	0,048	8,939	15,104	0,075	0,178	2,373
Ширина шишки, мм (X) Количество чешуй в шишке, шт. (Y)	0,078	0,075	6,077	6,733	0,033	0,030	0,909

Таким образом, наблюдается прямолинейная связь у всех исследованных пар признаков.

Степень генетической детерминации исследованных морфологических признаков

Степень генетической детерминации количественных признаков может характеризовать коэффициент наследования в широком смысле (H^2), расчёт которого представлен в таблице 9.

Таблица 9. Коэффициенты наследования вегетативных и генеративных органов листовницы сибирской

Признак	H^2
Длина семени	0,41
Ширина семени	0,47
Длина шишки	0,51
Ширина шишки	0,51
Количество чешуй в шишке	0,58
Длина хвои	0,52

Коэффициенты наследования дают основание говорить, что рассмотренные морфологические признаки шишек и хвои с вероятностью более 50 % обусловлены генетически (51—58 %).

Морфологические признаки семян показывают меньшую генетическую детерминацию (41 % и 47 %).

Сравнительный анализ индивидуальной изменчивости лиственницы сибирской по морфологическим признакам шишек и хвои

Индивидуальная изменчивость морфологических признаков лиственницы сибирской, произрастающей на нарушенных землях ЕМФ, сравнивалась с объектами из естественных условий произрастания Иркутской области и с интродуцентами Ивантеевского дендрологического сада.

В таблице 10 представлены результаты исследования.

Таблица 10. Индивидуальная изменчивость морфологических признаков шишек и хвои лиственницы сибирской

Район исследования	Длина шишки		Ширина шишки		Количество чешуй в шишке		Длина хвои	
	X _{ср} , мм	V, %	X _{ср} , мм	V, %	X _{ср} , мм	V, %	X _{ср} , мм	V, %
г. Воскресенск (нарушенные земли ЕМФ)	28,2	17,4	22,4	15,8	25,7	20,0	21,4	25,9
г. Ивантеевка (Ивантеевский дендрологический сад)	29,9	18,7	25,1	16,2	31,8	18,7	24,1	22,0
Иркутская область (Иркутское лесничество)	29,3	13,8	26,8	13,8	33,1	18,1	23,6	19,1

Из таблицы 10 видно, что длина шишек лиственницы сибирской, произрастающей на землях, нарушенных открытой добычей фосфоритов, ниже, чем у популяции из естественных условий произрастания на 3,8 %, ширина шишек ниже на 16,4 %, количество чешуй в шишках ниже на 22,4 %, длина хвои ниже на 9,3 %. При этом показатели данных морфологических признаков также ниже, чем у данной породы, интродуцированной в Ивантеевский дендрологический сад на 5,7 %, 10,8 %, 19,2 % и 11,2 % соответственно.

Все исследованные морфологические признаки шишек варьируют на высоком уровне. Вариация длины хвои в зонах интродукции происходит на очень высоком уровне, в естественных условиях произрастания — на высоком уровне.

5. Выводы

При исследовании индивидуальной изменчивости морфологических признаков семян нами установлена средняя вариация данных признаков, при варьировании длины и ширины семян от 2,1 до 5,6 мм и от 1,5 до 5,1 мм соответственно.

На основании приведённых показателей связи длины и ширины семени им можно дать следующую характеристику: связь обратная, криволинейная, умеренная, прямолинейная связь отсутствует.

При исследовании эндогенной изменчивости морфологических признаков шишек (длина шишки, ширина шишки, количество чешуй в шишке) и хвои (длина хвои) нами установлена вариация данных признаков от очень низкого до высокого уровня. Исследование индивидуальной изменчивости показало, что морфологические признаки шишек варьируют на среднем уровне, а длина хвои — на высоком, что может затруднять использование данного признака в диагностических целях.

Оценка показателей связи данных морфологических признаков выявила наиболее тесную связь между длиной и шириной шишки, наиболее слабая связь проявилась между шириной шишек и количеством чешуй в шишке. Связь между данными морфологическими признаками прямая, значительная, прямолинейная.

Коэффициенты наследования в широком смысле показали степень генетической детерминации морфологических признаков шишек и хвои более 50% и морфологических признаков семян менее 50%. Из этого следует, что на исследованные морфологические признаки семян большее влияние оказывают природные условия обитания, чем на признаки шишек и хвои.

Сравнительный анализ индивидуальной изменчивости показал более низкие показатели всех исследованных морфологических признаков лиственницы сибирской, произрастающей на ЕМФ, чем у интродуцентов в Ивантеевском дендрологическом саду и в популяции, произрастающей в естественных условиях.

Список литературы

1. *Васильев, С. Б.* Типы лесных культур на промышленных отвалах Подмосковья (на примере Егорьевского месторождения фосфоритов): дис. канд. с.-х. наук: 06.03.01 / Васильев Сергей Борисович. — Москва, 2000. — 118 с.
2. Особенности рекультивации нарушенных земель на фосфоритных месторождениях Нечернозёмной зоны СССР / С. К. Арбузова, Л. В. Бычковская, З. И. Гордеева, С. В. Карлович // Науч. тр. — Москва, 1978. — Вып. 21. — С. 85—86.
3. *Максимушкина, Р. А.* Рекультивация земель / Р. А. Максимушкина, С. В. Карлович // Земля родная. — 1979. — № 8. — С. 20—21.
4. Ивантеевский дендрологический сад ВНИИЛМ (каталог) / сост.: А. С. Яблоков, М. И. Докучаева; науч. ред. Н. В. Котелова. — Москва, 1976. — 88 с.
5. *Мамаев, С. А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С. А. Мамаев. — Москва: Наука, 1973. — 284 с.
6. *Погиба, С. П.* Методы количественной генетики в лесной селекции / С. П. Погиба, Г. А. Курносоев, Е. В. Казанцева. — Москва: МГУЛ, 1999. — 31 с.
7. *Роне, В. М.* Генетический анализ лесных популяций / В. М. Роне. — Москва: Наука, 1980. — 158 с.
8. *Свалов, Н. Н.* Вариационная статистика / Н. Н. Свалов. — Москва: Лесная пром-сть, 1977. — 177 с.

9. Сукачѳв, В. Н. К истории развития лиственницы / В. Н. Сукачѳв // Лесное дело. — Москва ; Ленинград, 1924. — С. 12—44.
10. Дылис, Н. В. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока. Изменчивость и природное разнообразие / Н. В. Дылис. — Москва, 1961. — 210 с.
11. Барченков, А. П. Изменчивость семян сибирских видов лиственницы / А. П. Барченков, Л. И. Милютин, А. П. Исаев // Лесоведение. — 2007. — С. 65—69.
12. Ирошников, А. И. Лиственницы России. Биоразнообразие и селекция / А. И. Ирошников. — Москва : ВНИИЛМ, 2004. — 182 с.
13. Seed Collection and Seed Quality of *Larix* spp. from Russia. Initial Phase on the Russia-Scandinavian Larch Project / A. P. Abaimov, V. M. Barzut, A. N. Berkutenko et al. // Eurasian J. For. Res. — 2002. — № 4. — P. 39—49.

References

1. Vasil'ev, S. B. Tipy lesnykh kul'tur na promyshlennykh otvalakh Podmoskov'ya (na primere Egor'evskogo mestorozhdeniya fosforitov) [Types of forest cultures on industrial dumps near Moscow (on the example of the Yegoryevsky phosphorite deposit)]: dis. kand. s.-kh. nauk: 06.03.01 [dis. of the cand. of agric. sciences] / S. B. Vasil'ev. — Moscow, 2000. — 118 p.
2. Osobennosti rekul'tivatsii narushennykh zemel' na fosforitnykh mestorozhdeniyakh Nechernozemnoy zony SSSR [Features of reclamation of disturbed lands on phosphorite deposits of the Non-chernozem zone of the USSR] / S. K. Arbuzova, L. V. Bychkovskaya, Z. I. Gordeeva, S. V. Karlovich // Nauchn. Tr [Scientific works]. — Moscow, 1978. — Vyp. 21. — P. 85—86.
3. Maksimushkina, R. A. Rekul'tivatsiya zemel' [Reclamation of lands] / R. A. Maksimushkina, S. V. Karlovich // Zemlya rodnaya. — 1979. — № 8. — P. 20—21.
4. Ivanteevskiy dendrologicheskiy sad VNIILM (katalog) [Ivanteevsky dendrological garden VNIILM (catalog)] / sost.: A. S. Yablokov, M. I. Dokuchaeva ; nauch. red. N. V. Kotelova. — Moscow, 1976. — 88 p.
5. Mamaev, S. A. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy [Forms of intraspecies variability of woody plants] / S. A. Mamaev. — Moscow : Nauka, 1973. — 284 p.
6. Pogiba, S. P. Metody kolichestvennoy genetiki v lesnoy selektsii [Methods of quantitative genetics in forest breeding] / S. P. Pogiba, G. A. Kurnosov, E. V. Kazantseva. — Moscow : MGUL, 1999. — 31 p.
7. Rone, V. M. Geneticheskiy analiz lesnykh populyatsiy [Genetic analysis of forest populations] / V. M. Rone. — Moscow : Nauka, 1980. — 158 p.
8. Svalov, N. N. Variatsionnaya statistika [Variational statistics] / N. N. Svalov. — Moscow : Lesnaya prom-st, 1977. — 177 p.
9. Sukachev, V. N. K istorii razvitiya listvennitsy [On the history of larch development] / V. N. Sukachev // Lesnoe delo [forestry business]. — Moscow ; Leningrad, 1924. — P. 12—44.
10. Dylis, N. V. Listvennitsa Vostochnoy Sibiri i Dal'nego Vostoka. Izmenchivost' i prirodnoe raznoobrazie [Larch of Eastern Siberia and the Far East. Variability and natural diversity] / N. V. Dylis. — Moscow, 1961. — 210 p.
11. Barchenkov, A. P. Izmenchivost' semyan sibirskikh vidov listvennitsy [Variability of seeds of Siberian larch species] / A. P. Barchenkov, L. I. Milyutin, A. P. Isaev // Lesovedenie [forest science]. — 2007. — P. 65—69.
12. Iroshnikov, A. I. Listvennitsy Rossii. Bioraznoobrazie i selektsiya [Larches of Russia. Biodiversity and selection] / A. I. Iroshnikov. — Moscow : VNIILM, 2004. — 182 p.

13. Seed Collection and Seed Quality of Larix spp. from Russia. Initial Phase on the Russia-Scandinavian Larch Project / A. P. Abaimov, V. M. Barzut, A. N. Berkutenko et al. // Eurasian J. For. Res. — 2002. — № 4. — P. 39—49.

© Лавренов М. А., Васильев С. Б., Борисов В. А., 2018