

УДК 630*165.51

DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-26-38

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ВИДОВ РОДА *Larix* Mill. В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

В.А. Брынцев^{1,2}, *д-р с.-х. наук, проф.*; *ResearcherID: O-4591-2019*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6271-1444>

М.А. Лавренов¹, *канд. с.-х. наук, ст. преподаватель*; *ResearcherID: E-2995-2018*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

А.А. Коженкова², *канд. с.-х. наук, доц.*; *ResearcherID: AAN-2228-2021*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1518-7165>

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), ул. 1-я Институтская, д. 1, г. Мытищи, Московская обл., Россия, 141005; e-mail: bryntsev@mail.ru, lavrenov@mgul.ac.ru

²Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, ул. Ботаническая, д. 4, Москва, Россия, 127276; e-mail: kozhenkova_anna@mail.ru

Оригинальная статья / Поступила в редакцию 04.04.20 / Принята к печати 03.08.20

Аннотация. Представлены результаты исследования морфологических признаков и посевных качеств семян видов лиственниц, интродуцированных в центр европейской части России (*Larix sibirica* Ledeb., *L. sukaczewii* Dyl., *L. decidua* Mill., *L. marschlinii* Coaz, *L. olgensis* A. Henry, *L. principis-rupprechtii* Mayr, *L. kaempferi* (Lamb.) Carriere, *L. laricina* (Du Roi) K. Koch). Исследования проводили в Москве (Главный ботанический сад РАН) и Подмосковье (Ивантеевский дендросад, Егорьевское месторождение фосфоритов). Данная тема актуальна, т. к. определение всхожести и жизнеспособности семян имеет существенное значение для интродукционных работ, при этом в ГОСТах об определении посевных качеств и класса качества семян нет рекомендаций для лиственниц американской и принца Рупрехта. Представленные в работе данные об изменчивости морфологических признаков семян различных видов лиственниц позволяют раскрыть их биологические особенности в условиях интродукции, что может стать основой для расширения использования изученных растений в центре европейской части России. Учитывали индивидуальную изменчивость длины и ширины семян, связь этих признаков, а также энергию прорастания, всхожесть, жизнеспособность и класс качества семян. Определено, что у лиственницы ольгинской семена некондиционные. Семена остальных видов лиственниц (сибирской, Сукачева, европейской, Маргилинда, принца Рупрехта, японской, американской) относятся ко 2-му и 3-му классам качества, это позволяет рекомендовать данные виды для посева. У лиственницы сибирской, произрастающей на Егорьевском месторождении фосфоритов, выявлено снижение посевных качеств семян (по сравнению с данным видом из Главного ботанического сада РАН) и отсутствие связи длины и ширины семян (в сопоставлении с другими объектами исследования). Корреляционный анализ показал отличия прямолинейной и криволинейной связей длины и ширины семян у лиственниц сибирской и Сукачева, а также у лиственниц Маргилинда и ее родительских видов (лиственниц европейской и японской).

Для цитирования: Брынцев В.А., Лавренов М.А., Коженкова А.А. Исследование морфологических признаков и посевных качеств семян видов рода *Larix* Mill. в условиях интродукции // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 2. С. 26–38. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-26-38

Ключевые слова: лиственница, посевные качества семян, всхожесть, энергия прорастания, интродукция.

STUDYING MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND SOWING QUALITIES OF SEEDS OF SPECIES OF THE GENUS *Larix* Mill. IN THE CONDITIONS OF INTRODUCTION

Vladimir A. Bryntsev^{1,2}, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [O-4591-2019](https://orcid.org/0000-0002-6271-1444),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6271-1444>

*Maxim A. Lavrenov*¹, Candidate of Agriculture, Senior Lecturer;
ResearcherID: [E-2995-2018](https://orcid.org/0000-0001-9708-9037), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

*Anna A. Kozhenkova*², Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.;
ResearcherID: [AAN-2228-2021](https://orcid.org/0000-0003-1518-7165), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1518-7165>

¹Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University, ul. 1-ya Institut'skaya, 1, Mytischki, Moscow Region, 141005, Russian Federation; e-mail: bryntsev@mail.ru, lavrenov@mngul.ac.ru

²Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences, ul. Botanicheskaya, 4, Moscow, 127276, Russian Federation; e-mail: kozhenkova_anna@mail.ru

Original article / Received on April 4, 2020 / Accepted on August 3, 2020

Abstract. The paper presents the results of studying morphological characteristics and sowing qualities of seeds of larch species introduced to the center of European Russia (*Larix sibirica* Ledeb., *L. sukaczewii* Dyl., *L. decidua* Mill., *L. marschlinsii* Coaz, *L. olgensis* A. Henry, *L. principis-rupprechtii* Mayr, *L. kaempferi* (Lamb.) Carriere, *L. laricina* (Du Roi) K. Koch). The research was carried out in Moscow (Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences) and the Moscow region (Ivanteevsky Dendrological Garden, Yegoryevsky phosphorite deposit). This topic is urgent since determination of seed germination and viability is essential for introduction, whereas there are no recommendations for American larch and Prince Rupprecht's larch in the State Standards (GOST) for determination of sowing qualities and quality class of seeds. The data on the variability of morphological characteristics of seeds of different larch species presented in the paper allow revealing their biological features under introduction conditions, which can be the basis for expanding the use of the studied plants in the center of European Russia. The individual variability of seed length and width, the relationship of these characteristics, as well as germination energy, germination, viability, and seed quality class were considered. Olga Bay larch has substandard seeds. Seeds of other larch species (Siberian, Sukachev's, European, Margilind, Prince Rupprecht's, Japanese and American larches) belong to the 2nd and 3rd quality classes. It allows recommending these species for sowing. Siberian larch growing on the Yegoryevsky phosphorite deposit showed a decrease in the sowing qualities of seeds (compared to the species from the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences) and the absence of relationship of seed length and width (compared to other objects of the research). Correlation analysis showed differences in linear and curvilinear relationships of seed length and width in Siberian and Sukachev's larches, as well as in Margilind larch and its parental species (European and Japanese larches).
For citation: Bryntsev V.A., Lavrenov M.A., Kozhenkova A.A. Studying Morphological Characteristics and Sowing Qualities of Seeds of Species of the Genus *Larix* Mill. in the Conditions of Introduction. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2022, no. 2, pp. 26–38. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-26-38

Keywords: larch, sowing qualities of seeds, germination, germination energy, introduction.

Введение

Лиственница быстро растет, устойчива к энтомовамедителям и патогенной микрофлоре, древесина этого дерева отличается долговечностью и прочностью и используется в строительстве, а также как сырье для химической переработки [10, 17–21]. Для повышения ресурсного потенциала актуальной является интродукция лиственниц в леса европейской части России [6, 8, 12].

При интродукции древесных пород с целью введения их в культуру значительную роль играет получение жизнеспособных семян в новых экологических условиях. Выращивание растений из семян интродукционной генерации является одним из этапов акклиматизации вида [2, 9]. Успешность интродукции зависит от качества семян, при этом определение их всхожести и жизнеспособности имеет существенное значение для интродукционных работ [9, 11, 13, 15]. Помимо прочего, установление класса качества семян дает основание рекомендовать их для посева (если семена кондиционные).

Как указывает, например, Ю.П. Качанова [7], возможность широкой интродукции лиственницы часто ограничивается дефицитом семян видов и популяций, пригодных для местных условий. Один из реальных путей ликвидации дефицита – использование семян местной репродукции, т. е. из местных насаждений нужных видов и популяций.

При исследовании семян в новых климатических условиях большое значение имеет оценка их морфологических признаков и связи этих признаков. Анализ корреляционных связей дает не только новую теоретическую информацию об особенностях изменчивости признаков, но и открывает перспективы практического использования установленных закономерностей [4, 15, 16].

Актуальность исследований обусловлена также тем, что центр европейской части России подвергается высокой антропогенной нагрузке. Растительность в пределах городов отличается большой модификационной изменчивостью, которая проявляется во многих биологических показателях, на что указывали, например, Д.М. Бронникова и Н.В. Шахринова [1]. Изучение морфологических характеристик растений в данных условиях, в том числе таких ценных интродуцентов, как представители рода *Larix* Mill., имеет огромное хозяйственное значение. Зная особенности видов, можно смягчить давление антропогенных факторов путем посадки растений с широким диапазоном нормы реакции [1].

Изменчивость морфологических признаков семян культур лиственниц, интродуцированных в центр европейской части России, изучена слабо. Кроме того, в ГОСТ 13056.6–97 об определении всхожести семян нет рекомендаций для лиственниц американской, принца Рупрехта и гибридных лиственниц. В ГОСТ 14161–86 об определении класса качества семян не упоминается о лиственницах американской и принца Рупрехта. Таким образом, для дальнейшей интродукции данных растений необходимо составление рекомендаций по определению посевных качеств этих видов.

Цель работы – исследование морфологических признаков и посевных качеств семян видов рода *L.* Mill., которое выявляет биологические особенности видов этого рода в условиях интродукции и может стать основой для расширения их использования в центре европейской части России.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются виды рода лиственница, интродуцированные в Главный ботанический сад г. Москвы (далее – ГБС), Ивантеевский дендрологический парк им. академика А.С. Яблокова (далее – Ивантеевский дендропарк) и на нарушенные земли Егорьевского месторождения фосфоритов (далее – ЕМФ):

лиственница сибирская (*L. sibirica* Ledeb.) – в ГБС с 1937 г., 133 экземпляра выращены из семян, полученных из Красноярска, Санкт-Петербурга, Горно-Алтайска, Подмосковья, зимостойкость – I, группа перспективности – I, в озеленении Москвы встречается [3];

лиственница сибирская (*L. sibirica* Ledeb.) – в ГБС с 1937 г., 133 экземпляра выращены из семян, полученных из Красноярска, Санкт-Петербурга, Горно-Алтайска, Подмосковья, зимостойкость – I, группа перспективности – I, в озеленении Москвы встречается [3];

лиственница сибирская (*L. sibirica* Ledeb.) – на землях, нарушенных открытой добычей фосфоритов (в Воскресенском районе Московской области), была посажена сеянцами, исследование культур проводили в возрасте 35–40 лет, обследовано 30 деревьев;

лиственница Сукачева (*L. sukaczewii* Dyl.) – в Ивантеевском дендропарке посажена в 1953 г., 30 экземпляров выращены из семян, полученных из Кировской области [5];

лиственница европейская (*L. decidua* Mill.) – в ГБС с 1953 г., 38 экземпляров выращены из семян, полученных из Курника (Польша), зимостойкость – I, группа перспективности – I, в озеленении Москвы встречается широко [3];

лиственница Маргилинда (*L. marschlinii* Coaz; *L. kaempferi* (Lamb.) Carr. × *L. decidua* Mill.) – является гибридом лиственницы европейской и лиственницы Кемпфера (японской), интродуцирована в ГБС г. Москвы в 1953 г., 6 экземпляров;

лиственница ольгинская (*L. olgensis* A. Henry) – интродуцирована в ГБС в 1972 г., 25 экземпляров получены с Дальнего Востока, из Пекина (Китай), зимостойкость – I, группа перспективности – II, в озеленении Москвы отсутствует [3];

лиственница принца Рупрехта (*L. principis-rupprechtii* Mayr) – интродуцирована в ГБС в 1958 г., 6 экземпляров получены из Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений (Москва), зимостойкость – I, группа перспективности – I, в озеленении Москвы не встречается [3];

лиственница японская (*L. kaempferi* (Lamb.) Carriere) – в Ивантеевском дендропарке, родина – Япония (о-в Хонсю), введена осенью в 1936 г., 3 экземпляра, зимостойкость – I, группа перспективности – II, в озеленении Москвы отсутствует [5];

лиственница американская (*L. laricina* (Du Roi) K. Koch) – интродуцирована в ГБС в 1956 г., 59 экземпляров выращены из семян, присланных из Канады и США, зимостойкость – I, группа перспективности – I, в озеленении Москвы встречается, но редко [3].

Согласно государственным стандартам определяли лабораторную всхожесть (ГОСТ 13056.6–97), жизнеспособность (ГОСТ 12039–82) и класс качества семян (ГОСТ 14161–86). Сроки оценки и учета проросших семян устанавливали по ГОСТ 13056.6–97. Посевные качества семян лиственницы принца Рупрехта определяли по рекомендациям ГОСТа, разработанным для лиственницы

Гмелина, на основании того, что лиственница Рупрехта по международной классификации является подвидом лиственницы Гмелина.

Жизнеспособность семян лиственниц устанавливали путем окрашивания зародышей. При этом использовали 0,1 %-й водный раствор индигокармина, раствор Люголя (иодистый раствор), 0,5 %-й водный раствор тетразола.

Размеры семян измеряли электронным штангенциркулем с точностью до десятых значений. Для показателей семян рассчитывали среднее арифметическое величины признака (X_{cp}), ошибку среднего арифметического (m), среднее квадратическое отклонение для выборки (σ), коэффициент вариации (V) и показатель точности опыта (P). Оценку коэффициента вариации проводили по шкале изменчивости признаков С.А. Мамаева [14, 21].

При оценке связи морфологических признаков семян лиственниц была рассмотрена связь длины и ширины. Вычисления проводили по методике Н.Н. Свалова [16] для большой выборочной совокупности.

Результаты исследования и их обсуждение

Изменчивость морфологических признаков. Проведен сравнительный анализ длины (табл. 1) и ширины (табл. 3) семян. Для проверки значимости различий полученных средних величин рассчитали критерий Стьюдента t (табл. 2, 4). Табличный критерий $t_{0,05}$ в нашем случае равен 2,0.

Таблица 1

Изменчивость длины семян видов рода *Larix Mill.*

Вид лиственницы	Место сбора семян	$X_{cp} \pm m$, мм	σ , мм	V , %	P , %
Сибирская	ГБС	$4,4 \pm 0,06$	0,61	14,0	1,4
	ЕМФ	$3,8 \pm 0,06$	0,66	17,3	1,2
Сукачева	Ивантеевский дендросад	$5,3 \pm 0,06$	0,56	10,6	1,1
Европейская	ГБС	$3,6 \pm 0,06$	0,55	15,3	1,5
Маргилинда	ГБС	$3,6 \pm 0,06$	0,57	16,0	1,6
Ольгинская	ГБС	$3,3 \pm 0,07$	0,49	14,8	2,1
Принца Рупрехта	ГБС	$4,1 \pm 0,06$	0,59	14,4	1,4
Японская	Ивантеевский дендросад	$3,9 \pm 0,07$	0,66	17,0	1,7
Американская	ГБС	$3,8 \pm 0,07$	0,67	17,4	1,7

Таким образом, наибольшей длиной семян обладают лиственницы Сукачева (5,3 мм) и сибирская (4,4 мм). Однако стоит отметить, что лиственница сибирская на нарушенных землях ЕМФ имеет более низкие значения длины семян – 3,8 мм. Наименьшая длина семян у лиственницы ольгинской – 3,3 мм. Средняя длина семян лиственницы Маргилинда оказалась равной длине семян ее родительского вида – лиственницы европейской (3,6 мм).

Таблица 2

**Расчетные значения критерия достоверности различий средней длины семян
лиственниц**

Вид лиственницы (место сбора семян)	Сибир- ская (ЕМФ)	Сукачева (Иванте- евский ден- дросад)	Евро- пейская (ГБС)	Марги- линда (ГБС)	Ольгин- ская (ГБС)	Принца Рупрехта (ГБС)	Япон- ская (ГБС)	Амери- канская (ГБС)
Сибирская (ГБС)	7,1	10,6	9,4	9,4	11,9	3,5	5,4	6,5
Сибирская (ЕМФ)		16,3	2,4	2,4	5,4	3,5	1,1	0
Сукачева (Иван- теевский дендро- сад)			20,0	20,0	21,7	14,1	15,2	16,3
Европейская (ГБС)				0	3,3	5,9	3,3	2,2
Маргилинда (ГБС)					3,3	5,9	3,3	2,2
Ольгинская (ГБС)						8,7	6,1	5,1
Принца Рупрехта (ГБС)							2,2	3,3
Японская (ГБС)								1,0

Примечание: Полу жирным шрифтом представлены значения, показывающие достоверные различия между выборками при 5 %-м уровне значимости (здесь и в табл. 4).

Вычисленные значения критерия Стьюдента подтвердили схожесть семян лиственницы Маргилинда и лиственницы европейской, при этом отличия от другого родительского вида – лиственницы японской – достоверны. Стоит отметить, что по длине семян достоверно отличаются лиственница сибирская, произрастающая в ГБС, и тот же вид на ЕМФ. Лиственница Сукачева также имеет достоверные отличия от лиственницы сибирской. Наиболее достоверные отличия проявились между лиственницами Сукачева и ольгинской. При этом недостоверными оказались отличия лиственницы сибирской, произрастающей на ЕМФ, от лиственниц японской и американской.

Таблица 3

Изменчивость ширины семян видов рода *Larix* Mill.

Вид лиственницы	Место сбора семян	$X_{cp} \pm m$, мм	σ , мм	V, %	P, %
Сибирская	ГБС	$2,7 \pm 0,04$	0,39	14,6	1,5
	ЕМФ	$2,6 \pm 0,05$	0,49	18,9	1,9
Сукачева	Ивантеевский дендросад	$3,7 \pm 0,05$	0,53	14,4	1,4
Европейская	ГБС	$2,3 \pm 0,05$	0,46	20,3	2,0
Маргилинда	ГБС	$2,1 \pm 0,05$	0,55	25,7	2,6
Ольгинская	ГБС	$1,8 \pm 0,07$	0,46	26,4	3,7
Принца Рупрехта	ГБС	$2,5 \pm 0,06$	0,60	23,8	2,4
Японская	ГБС	$2,8 \pm 0,05$	0,53	18,9	1,9
Американская	ГБС	$2,3 \pm 0,05$	0,45	20,1	2,0

По ширине семян лиственница Сукачева обладает наилучшими показателями (3,7 мм). У лиственницы сибирской по средней ширине семян примерно одинаковые показатели как в ГБС (2,7 мм), так и на ЕМФ (2,6 мм). При этом схожая средняя ширина семян оказалась у лиственниц европейской и американской, а лиственница Маргилинда уступает родительским видам по данному признаку. Наименьшая ширина семян у лиственницы ольгинской.

Индивидуальная изменчивость по ширине семян у большинства видов выше, чем по длине семян, это указывает на длину семени как на более стабильный признак.

Таблица 4

Расчетные значения критерия достоверности различий средней ширины семян лиственниц

Вид лиственницы (место сбора семян)	Сибирская (ЕМФ)	Сукачева (Ивантевский дендросад)	Европейская (ГБС)	Маргилинда (ГБС)	Ольгинская (ГБС)	Принца Рупрехта (ГБС)	Японская (ГБС)	Американская (ГБС)
Сибирская (ГБС)	1,6	15,6	6,2	9,4	11,2	2,8	1,6	6,2
Сибирская (ЕМФ)		15,6	4,2	7,1	9,3	1,3	2,8	4,2
Сукачева (Ивантевский дендросад)			19,8	22,6	22,1	15,4	12,7	19,8
Европейская (ГБС)				2,8	5,8	2,6	7,1	0
Маргилинда (ГБС)					3,5	5,1	9,9	2,8
Ольгинская (ГБС)						7,6	11,6	5,8
Принца Рупрехта (ГБС)							3,8	2,6
Японская (ГБС)								7,1

Результаты исследования выявили недостоверные отличия ширины семян у лиственницы сибирской, произрастающей в ГБС, и у лиственницы сибирской на техногенных ландшафтах ЕМФ, что может указывать на более выраженную генетическую детерминацию данного признака. При этом лиственница сибирская из ГБС недостоверно отличается от лиственницы японской, а лиственница сибирская на ЕМФ имеет недостоверные отличия от лиственницы принца Рупрехта. По данному признаку схожи лиственницы европейская и американская. Наиболее проявились отличия лиственницы Сукачева от лиственниц ольгинской и Маргилинда.

Таким образом, сравнение ширины семян вновь выявило сходство разных по таксономическому статусу представителей рода *L. Mill.*

Оценка показателей связи морфологических признаков семян. Рассматривали корреляционные связи длины и ширины семян различных видов рода *L. Mill.* Для оценки формы связи, сопоставили значения прямолинейного и криволинейного коэффициентов корреляции. В табл. 5 представлены расчетные значения коэффициента корреляции (r), корреляционного отноше-

ния (η), критериев Стьюдента (t_r , t_η) ошибки коэффициента корреляции (S_r) и корреляционного отношения (S_η), а также мера и критерий криволинейности (κ и t_κ), ошибка меры (S_κ).

Таблица 5

Оценка связи морфологических признаков лиственниц

Вид лиственницы (район исследования)	r	η	S_r	S_η	t_r	t_η	S_κ	κ	t_κ
Сибирская (ГБС)	0,23	0,34	0,10	0,09	2,42	3,83	0,05	0,06	1,33
Сибирская (ЕМФ)	-0,06	0,41	0,06	0,05	0,95	7,78	0,04	0,16	3,83
Сукачева (Ивантеевский дендросад)	0,52	0,59	0,07	0,07	7,09	9,01	0,05	0,08	1,48
Европейская (ГБС)	0,53	0,56	0,07	0,07	7,33	8,12	0,04	0,03	0,93
Маргилинда (ГБС)	0,36	0,47	0,09	0,08	4,12	6,00	0,06	0,09	1,64
Ольгинская (ГБС)	0,26	0,38	0,13	0,12	1,96	3,08	0,07	0,07	1,03
Принца Рупрехта (ГБС)	0,36	0,48	0,09	0,08	4,12	6,21	0,06	0,10	1,74
Японская (ГБС)	0,58	0,65	0,07	0,06	8,82	11,16	0,05	0,08	1,49
Американская (ГБС)	0,61	0,63	0,06	0,06	10,05	10,81	0,03	0,02	0,83

Таким образом, при оценке тесноты прямолинейной связи установлена слабая связь у лиственницы сибирской на ЕМФ ($r = -0,06$) и в ГБС ($r = 0,23$), а также у лиственницы ольгинской ($r = 0,26$); умеренная связь – у лиственниц Маргилинда ($r = 0,36$) и принца Рупрехта ($r = 0,36$); значительная – у лиственниц Сукачева ($r = 0,52$), европейской ($r = 0,53$), японской ($r = 0,58$) и американской ($r = 0,61$).

При оценке тесноты криволинейной связи выявлена умеренная связь у лиственницы сибирской в ГБС ($r = 0,34$), лиственницы ольгинской ($r = 0,38$), лиственницы сибирской на ЕМФ ($r = 0,41$), лиственницы Маргилинда ($r = 0,47$) и лиственницы принца Рупрехта ($r = 0,48$); значительная связь – у лиственниц европейской ($r = 0,56$), Сукачева ($r = 0,59$), американской ($r = 0,63$) и японской ($r = 0,65$).

У лиственницы Сукачева, самостоятельность которой от лиственницы сибирской по видовому статусу до сих пор под вопросом, выявлены отличия в показателях прямолинейной и криволинейной связей длины и ширины семян.

У лиственницы Маргилинда обнаружено снижение показателей связи признаков по сравнению с родительскими видами. Так, у лиственницы Маргилинда установлены умеренные прямолинейная и криволинейная связи, в то время как у лиственниц европейской и японской эти связи значительные.

Связь во всех случаях прямая, т. е. при увеличении длины семян пропорционально ей увеличивается ширина. Исключением является лиственница сибирская, произрастающая на ЕМФ, у которой $r = -0,06$, что указывает на отсутствие прямолинейной связи между данными признаками.

Если t_r и t_η выше табличного значения $t_{0,05} = 2,0$, то показатели r и η и данные связи проявляются также и в генеральной совокупности, что наблю-

дается у большинства исследованных нами лиственниц, исключением является показатель прямолинейной связи у лиственницы сибирской на ЕМФ и лиственницы ольгинской.

При переходе порога t_k (в нашем случае $t = 2,0$) связь перестает считаться прямолинейной, как, например, у лиственницы сибирской, произрастающей на ЕМФ. У остальных объектов исследования связь прямолинейная.

Посевные качества семян. В ГОСТ 13056.6–97 нет рекомендаций для лиственниц американской, принца Рупрехта и гибридных лиственниц. В связи с чем при определении посевных качеств семян лиственниц американской и Маргилинда необходимо было использовать те рекомендации ГОСТов, которые бы лучше всего подходили для этих растений.

В целях решения данной задачи сравнили динамику прорастания семян названных выше лиственниц и лиственниц сибирской, Сукачева, европейской, ольгинской, японской и принца Рупрехта (рис. 1).

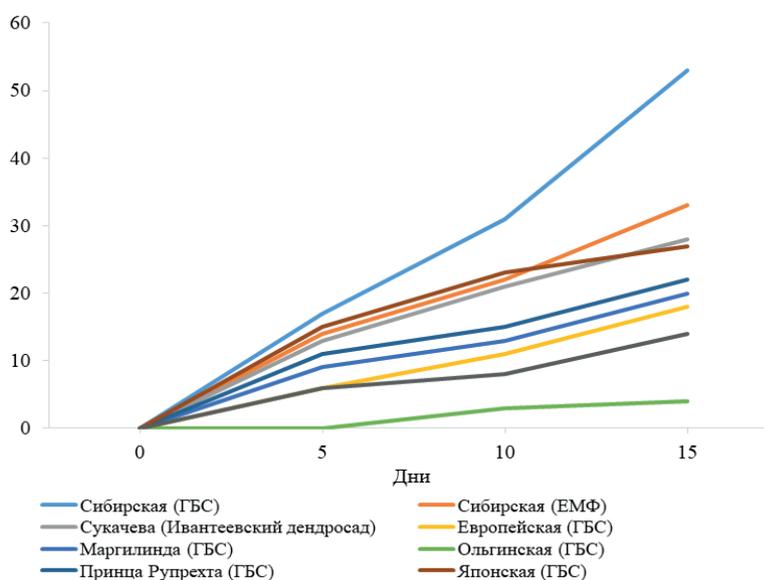


Рис. 1. Динамика прорастания семян лиственниц, %

Fig. 1. Dynamics of larch seed germination, %

Анализ графика показывает, что лиственница Маргилинда по динамике прорастания семян более схожа – из двух родительских видов – с лиственницей европейской, чем с лиственницей японской; лиственница американская также проявила наибольшее сходство по этому показателю с лиственницей европейской (среди всех объектов исследования). Данное наблюдение может служить доводом в пользу использования рекомендаций ГОСТ 13056.6–97 по определению всхожести семян лиственницы европейской для лиственниц американской и Маргилинда.

Результаты определения всхожести и энергии прорастания семян лиственниц представлены на рис. 2. Всхожесть семян лиственниц американской и Маргилинда учитывали в те же дни, которые ГОСТ рекомендует для лиственницы европейской.

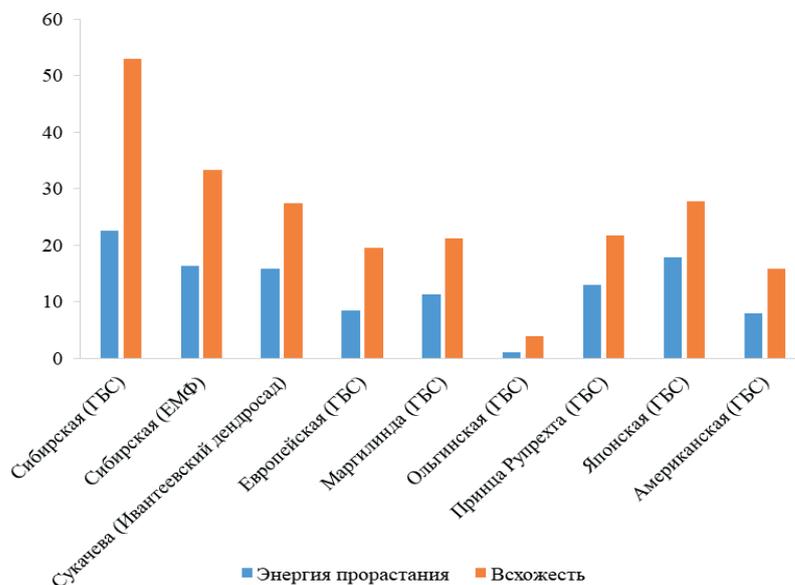


Рис. 2. Всхожесть и энергия прорастания семян лиственниц, %

Fig. 2. Germination and germination energy of larch seeds, %

Выявлено, что наилучшей всхожестью обладают семена лиственницы сибирской (53 %) из ГБС. Семена лиственницы сибирской, полученные из ЕМФ, показали по сравнению с первыми значительно более низкую всхожесть (33,3 %), однако при этом они дают более высокие результаты, чем другие виды. Наименьшая всхожесть отмечена у семян лиственницы ольгинской (4 %).

Проведены исследования по определению жизнеспособности семян интродуцированных видов лиственниц разными методами (табл. 6).

Результаты определения жизнеспособности семян разными методами достаточно близки, а средние значения жизнеспособности оказались практически идентичными результатам по всхожести.

При определении класса качества семян использованы результаты по всхожести и жизнеспособности. Классы качества семян лиственниц американской и Маргилинда установлены на основании рекомендаций по лиственнице европейской, поскольку эти виды наиболее сходны с ней по динамике прорастания семян. Семян с наилучшим, 1-м классом, не выявлено. Стоит отметить, что у семян лиственницы сибирской, произрастающей на нарушенных землях ЕМФ, класс качества ниже по сравнению с семенами данного вида, произрастающего в ГБС. Ко 2-му классу качества относятся семена лиственниц сибирской, европейской и принца Рупрехта, произрастающих в ГБС. 3-й класс установлен у семян лиственницы сибирской на ЕМФ, а также у лиственниц Сукачева, Маргилинда, японской и американской. Некондиционные семена выявлены у лиственницы ольгинской.

Таблица 6

Жизнеспособность семян лиственниц

Вид лиственницы (район исследования)	Раствор	Жизнеспособность, %	Средняя жизнеспособность, %
Сибирская (ГБС)	Индигокармин	53	55,0
	Раствор Люголя	58	
	Тетразол	54	
Сибирская (ЕМФ)	Индигокармин	33	36,3
	Раствор Люголя	36	
	Тетразол	40	
Сукачева (Иванте- евский дендросад)	Индигокармин	28	27,3
	Раствор Люголя	29	
	Тетразол	25	
Европейская (ГБС)	Индигокармин	22	22,0
	Раствор Люголя	25	
	Тетразол	19	
Маргилинда (ГБС)	Индигокармин	28	25,3
	Раствор Люголя	23	
	Тетразол	25	
Ольгинская (ГБС)	Индигокармин	9	5,7
	Раствор Люголя	3	
	Тетразол	5	
Принца Рупрехта (ГБС)	Индигокармин	23	22,7
	Раствор Люголя	24	
	Тетразол	21	
Японская (ГБС)	Индигокармин	26	30,3
	Раствор Люголя	31	
	Тетразол	34	
Американская (ГБС)	Индигокармин	19	18,7
	Раствор Люголя	15	
	Тетразол	22	

Заключение

Результаты исследования семян видов рода *Larix* Mill. для центра европейской части России более полно раскрывают биологические особенности этих видов в условиях интродукции.

Наименьшие размеры семян оказались у лиственницы ольгинской (1,8 × 3,3 мм), при этом у данного вида выявлена и худшая всхожесть – всего 4 %. У лиственницы Маргилинда параметры семян (2,1 × 3,6 мм) меньше по сравнению с родительскими видами – лиственницами европейской (2,3 × 3,6 мм) и японской (2,8 × 3,9 мм).

Длина семян лиственницы сибирской, произрастающей на Егорьевском месторождении фосфоритов, меньше по сравнению с семенами деревьев данного вида, интродуцированного в Главном ботаническом саду РАН, однако

различия ширины семян здесь незначимы. При этом всхожесть семян на Егорьевском месторождении фосфоритов оказалась ниже на 37,2 %, а жизнеспособность – на 34 %, что, видимо, вызвано более плохими условиями произрастания.

Установлена разная степень тесноты связей длины и ширины семян у видов рода *L. Mill.* Полученные отличия в показателях связи листовенниц сибирской и Сукачева могут свидетельствовать о разных биологических особенностях семян данных растений, что подтверждает их обособленность друг от друга.

Выявлены отличия гибридной листовенницы Маргилинда от родительских видов по показателям связи. Коэффициент корреляции длины и ширины семян у этого дерева ниже ($r = 0,36$), чем у листовенниц европейской ($r = 0,53$) и японской ($r = 0,58$). Что объясняется более высокой изменчивостью морфологических признаков семян в гибридном потомстве и, как следствие, ослаблением связи между данными показателями.

У всех объектов исследования, кроме листовенницы сибирской на Егорьевском месторождении фосфоритов, выявлены прямолинейные связи длины и ширины семян. Данный вывод важен в том числе в практических целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бронникова Д.М., Шахринова Н.В. Корреляционный анализ количественных признаков хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Приволж. науч. вестн. 2016. № 4(56). С. 5–7. Bronnikova D.M., Shakhrianova N.V. Correlation Analysis of Quantitative Traits of Pine Needles Scotch Pine *Pinus sylvestris* L. *Privolzhskiy nauchniy vestnik*, 2016, no. 4(56), pp. 5–7.
2. Брынцев В.А., Храмова М.И. Изменчивость семенного потомства сосны кедровой сибирской при интродукции // Изв. вузов. Лесн. журн. 2013. № 6. С. 38–49. Bryntsev V.A., Khramova M.I. Variability of Seed Progeny of Siberian Pine at Introduction. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2013, no. 6, pp. 38–49. URL: http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/759/lh_4_6_2013.pdf
3. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции / отв. ред. А.С. Демидов; Гл. ботан. сад им. Н.В. Цицина. М.: Наука, 2005. 586 с. *Woody Plants of the Main Botanical Garden Named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences: 60 Years of Introduction*. Ed. by A.S. Demidov. Moscow, Nauka Publ., 2005. 586 p.
4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с. Zaytsev G.N. *Mathematical Statistics in Experimental Botany*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p.
5. Ивантеевский дендрологический сад ВНИИЛМ: каталог / сост. А.С. Яблоков, М.И. Докучаева; науч. ред. Н.В. Котелова. М., 1976. 88 с. *Ivanteevsky Dendrological Garden of VNIILM (Catalogue)*. Content by A.S. Yablokov, M.I. Dokuchaeva; ed. by N.V. Kotelova. Moscow, 1976. 88 p.
6. Карасев Н.Н. Повышение продуктивности лесов Подмоскovie путем интродукции листовенницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2009. 20 с. Karasev N.N. *Increasing the Productivity of Forests in the Moscow Region through the Introduction of Larch*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Moscow, 2009. 20 p.
7. Качанова Ю.П. Исследование особенностей семеношения листовенниц в условиях северо-запада России // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 5(73). С. 32. Kachanova Yu.P. Studying the Features of Larch Seed Formation in the North-West of Russia. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii* [Modern scientific researches and innovations], 2017, no. 5(73), p. 32.

8. Коженкова А.А., Мерзленко М.Д. Дальневосточные лиственницы как ценный генофонд для интродукции в центр Русской равнины // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2017. № 49. С. 99–101. Kozhenkova A.A., Merzlenko M.D. Far Eastern Larch as a Valuable Genofond for Introduction into the Center of the Russian Plain. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2017, no. 49, pp. 99–101.
9. Логунов Д.В. Экологические особенности роста и развития представителей рода лиственница (*Larix* Mill.) в условиях антропогенных ландшафтов Нижегородской области: дис. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2002. 287 с. Logunov D.V. *Ecological Features of Growth and Development of Representatives of the Genus Larch (Larix Mill.) in the Anthropogenic Landscapes of the Nizhny Novgorod Region*: Cand. Biol. Sci. Diss. Nizhny Novgorod, 2002. 287 p.
10. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Глазунов Ю.Б., Коженкова А.А., Перевалова Е.А. Результаты изучения географических посадок сосны и лиственницы в Серебряноборском опытном лесничестве // Лесн. вестн. 2020. Т. 24. № 6. С. 34–43. Merzlenko M.D., Melnik P.G., Glazunov Yu.B., Kozhenkova A.A., Perevalova E.A. Study Results of Pine and Larch Provenance Trial in Serebryanoborsky Experimental Forest District. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2020, vol. 24, no. 6, pp. 34–43. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-6-34-43>
11. Некрасов В.И. Основы семеноведения древесных растений при интродукции. М.: Наука, 1973. 279 с. Nekrasov V.I. *Fundamentals of Seed Science of Woody Plants during Introduction*. Moscow, Nauka Publ., 1973. 279 p.
12. Орнатский А.Н. Обогащение лесных ресурсов республики Мордовия посредством интродукции лиственницы сибирской: дис. ... канд. биол. наук. Йошкар-Ола, 2002. 223 с. Ornatskiy A.N. *Enrichment of Forest Resources of the Republic of Mordovia through the Introduction of Siberian Larch*: Cand. Biol. Sci. Diss. Yoshkar-Ola, 2002. 223 p.
13. Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесных растений флоры СССР. М.: Наука, 1988. 262 с. Plotnikova L.S. *Scientific Basis for the Introduction and Preservation of Woody Plants of the Flora of the USSR*. Moscow, Nauka Publ., 1988. 262 p.
14. Погиба С.П., Курносов Г.А., Казанцева Е.В. Методы количественной генетики в лесной селекции. М.: МГУЛ, 1999. 31 с. Pogiba S.P., Kurnosov G.A., Kazantseva E.V. *Methods of Quantitative Genetics in Forest Breeding*. Moscow, MSFU Publ., 1999. 31 p.
15. Путенихина К.В., Шигапов З.Х., Мкртчян М.А., Путенихин В.П. Корреляции количественных показателей шишек и семян кедра сибирского при интродукции // Хвойные бореальной зоны. 2015. № 1-2. С. 48–54. Putenikhina K.V., Shigapov Z.Kh., Mkrtychyan M.A., Putenikhin V.P. Correlations of Quantitative Values of Cones and Seeds in Introduced Siberian Stone Pine. *Hvojnye boreal'noj zony* [Conifers of the boreal area], 2015, no. 1-2, pp. 48–54.
16. Свалов Н.Н. Вариационная статистика. М.: МЛТИ, 1983. 79 с. Svalov N.N. *Variation Statistics*. Moscow, MLTI Publ., 1983. 79 p.
17. Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 216 с. Timofeev V.P. *Forest Plantations of Larch*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 216 p.
18. Abaimov A.P., Barzut V.M., Berkutenko A.N., Buitink J., Martinsson O., Milyutin L.I., Polezhaev A., Putenikhin V.P., Takata K. Seed Collection and Seed Quality of *Larix* spp. from Russia: Initial Phase on the Russia-Scandinavian Larch Project. *Eurasian Journal of Forest Research*, 2002, no. 4, pp. 39–49.
19. Blondal S., Snorrason A. The Role of *Larix* in Icelandic Forestry. *Ecology and Management of Larix Forests: A Look Ahead: Proceeding of an International Symposium*. Montana, IUFRO, 1995, pp. 220–226.
20. Fedorkov A. Stem Growth and Quality of Six Provenances of *Larix sukaczewii* Dyl. and *Larix sibirica* Ledeb. in a Field Trial Located in North-West Russia. *Baltic Forestry*, 2017, vol. 23, no. 3(46), pp. 603–607.
21. Gradel A., Ganbaatar B., Nadaldorj O., Dovdondemberel B., Kusbach A. Climate-Growth Relationships and Pointer Year Analysis of a Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) Chronology from the Mongolian Mountain Forest Steppe Compared to White Birch (*Betula platyphylla* Sukaczew). *Forest Ecosystems*, 2017, vol. 4, art. 22. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40663-017-0110-2>