



УДК 630\*165.51

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.9

## СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИСТВЕННИЦ СИБИРСКОЙ И СУКАЧЕВА, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В МОСКВУ И ПОДМОСКОВЬЕ

*В.А. Брынцев<sup>1,2</sup>, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: O-4591-2019,*

*ORCID: 0000-0002-6271-1444*

*М.А. Лавренов<sup>1</sup>, ст. преподаватель; ResearcherID: E-2995-2018,*

*ORCID: 0000-0001-9708-9037*

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), ул. 1-я Институтская, д. 1, г. Мытищи, Московская область, Россия, 141005; e-mail: bryntsev@mail.ru, maxlavrenov93@mail.ru

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

Вопрос о таксономическом статусе лиственницы Сукачева до сих пор до конца не изучен. Существуют аргументы как в пользу выделения лиственниц сибирской и Сукачева в самостоятельные виды, так и объединения их в один вид. Большое значение имеют работы по интродукции лиственниц в центр европейской части России для повышения ресурсного потенциала лесов этого региона. Изучение изменчивости лиственниц сибирской и Сукачева в новых климатических условиях, которые имеют место при интродукции, может дать интересные результаты, важные не только для обсуждения их таксономического ранга, но и для практических интродукционных целей. В ходе эксперимента проведено сравнение лиственниц сибирской и Сукачева по индивидуальной изменчивости морфологических признаков и результатам молекулярно-генетического анализа. Объекты исследования произрастали в условиях интродукции в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина (Москва) и в Ивантеевском дендрологическом саду (Подмосковье). Изучены морфологические признаки шишек, хвои и семян: длина и ширина шишек, число чешуй в них, длина хвои, длина и ширина семян. Рассчитаны средние арифметические величины признаков, ошибка средних арифметических величин признаков, коэффициент вариации. Установлены достоверные отличия морфологических признаков шишек, семян и хвои, что позволяет выделить лиственницу Сукачева в качестве географической расы, подвида лиственницы сибирской.

**Для цитирования:** Брынцев В.А., Лавренов М.А. Селекционно-генетический анализ лиственниц сибирской и Сукачева, интродуцированных в Москву и Подмосковье // Лесн. журн. 2019. № 4. С. 9–21. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.9

**Ключевые слова:** лиственница сибирская, лиственница Сукачева, интродукция, вид.

### Введение

Лиственница находит широкое применение благодаря прочной и долговечной древесине. Она отличается морозостойкостью, засухоустойчивостью, быстрым ростом, устойчивостью против повреждения грибами и насекомыми

[3, 10, 15–17, 21, 24]. В связи с этим большое значение имеют работы по ее интродукции в центр Европейской России для повышения ресурсного потенциала лесов этого региона [8, 13].

Лиственницы Сукачева и сибирскую культивируют в России с XVIII в. К началу XIX в. лиственница Сукачева была введена в культуру в Англии, позднее в Швеции [17].

Род *Larix* по строению укороченных и удлиненных побегов сходен с одним из древнейших в семействе Pinaceae родом *Cedrus* и реликтовым родом *Pseudolarix*. С последним их сближает еще и осеннее пожелтение и опадение хвои. Генетически род *Larix* обособился от этих родов очень давно, более чем 150 млн лет назад [25], по другим данным – около 200 млн лет назад [26]. Среди представителей семейства Pinaceae род *Larix* отличается небольшой длиной генома, из чего можно сделать предположение о долгом нахождении рода, а первоначально и вида после его обособления, в эволюционно неактивном состоянии [23]. Это делает род *Larix* претендентом на стволочный вид (род) в семействе Pinaceae.

Около 50 млн лет назад род *Pseudotsuga* отделился от рода *Larix*. Это случилось примерно в одно время с разделением рода *Pinus* на два подрода *Pinus* и *Strobus* или даже позднее. Адаптивная реакция, когда стали выделяться современные виды рода *Larix*, относится к периоду последних 10...3 млн лет [25]. Это говорит о том, что род *Larix* и в настоящее время находится в состоянии эволюционной активности, что отражается на обширности его ареала и нечеткости его внутривидовой систематики. Число видов лиственницы, признаваемое отдельными систематиками, варьирует от 6 до 29 [20].

Для интродукции и проведения селекционных работ (гибридизация, отбор) таксономический статус имеет существенное значение. Как вид лиственница Сукачева была выделена Н.В. Дылисом, который при характеристике вида основным диагностическим признаком считал морфологические особенности шишек и семян [5, 6, 9]. При указании отличительных черт лиственниц сибирской и Сукачева, что позволило выделить последнюю в самостоятельный вид, Н.В. Дылис особое внимание уделял размерам шишек. Его исследования, проведенные в условиях естественного ареала, показали, что лиственница Сукачева имеет более крупные шишки с большей шириной и менее изменчивой формой по сравнению с лиственницей сибирской. Семена лиственницы Сукачева также значительно крупнее [5].

Однако видовая самостоятельность лиственницы Сукачева является сомнительной для многих исследователей [1, 2, 18, 22]. С одной стороны, в литературе приводятся отличия лиственницы сибирской от лиственницы Сукачева по ряду морфологических и биохимических признаков [1, 22], с другой – имеются аргументы против выделения лиственницы Сукачева в самостоятельный вид. В частности, результаты исследований Л.И. Милютина, А.Я. Муратовой, А.Я. Ларионовой [1, 12] указывают на отсутствие существенных генетических и кариологических различий между лиственницами сибирской и Сукачева. Е.Г. Бобров [2] сделал категоричный вывод о том, что лиственницы сибирская и Сукачева не отличаются друг от друга по генетическим, цитологическим, кариологическим, морфологическим и географическим признакам. Не все соглашались с такими выводами, поскольку ряд различий между лиственницами сибирской и Сукачева безусловно существует. К ним относятся морфологические особенности, географическое распространение, отличия

в экологии. Однако пока не ясно, достаточно ли они значимы для присвоения лиственнице Сукачева видового статуса [1].

Изучение изменчивости лиственниц сибирской и Сукачева в новых климатических условиях, которые имеют место при интродукции, может дать интересные результаты как для обсуждения их таксономического ранга, так и для практических интродукционных целей.

Цель исследования – проведение сравнительного анализа изменчивости морфологических признаков лиственниц сибирской и Сукачева в условиях интродукции в Москву и Подмосковье.

#### *Объекты и методы исследования*

Объектами исследования являлись лиственницы Сукачева и сибирская в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина – ГБС (Москва) и в Ивантеевском дендрологическом саду – ИДС (Ивантеевка, Московская область).

В ГБС лиственница сибирская находится с 1937 г. 133 экземпляра выращены из семян, полученных из Красноярска и Горно-Алтайска [4]. Лиственница Сукачева (30 экз. выращены из семян, полученных из Кировской области) посажена в 1953 г. [4].

В ИДС группа деревьев лиственницы сибирской находится в квартале 10. Она выращена из семян, собранных с деревьев зеленошишечной формы этого вида в Иркутском лесхозе [7]. Средний возраст деревьев на момент обследования – 65 лет. Лиственница Сукачева располагается также в квартале 10. Выращена из семян от Златоусского лесхоза (Челябинская область) и посажена в экспозицию в возрасте 3 лет в 1952 г. [4].

Изучались морфологические признаки шишек, хвои и семян: длина и ширина шишек, число чешуй в шишках, длина хвои, длина и ширина семян. Для определения каждого из показателей было подготовлено и проанализировано 100 образцов.

В ходе исследования рассчитывались среднее значение арифметической величины признака ( $X_{cp}$ ), ошибка средней арифметической величины признака ( $S_x$ ) и коэффициент вариации ( $V$ , %).

Коэффициент вариации оценивался по шкале изменчивости признаков С.А. Мамаева [11, 14]. Если уровень индивидуальной изменчивости низкий или очень низкий, то выборка считалась однородной по данному признаку.

Достоверность различий между выборками определялась по критерию Стьюдента ( $t$ ) [19]. Табличный критерий для всех сравниваемых показателей  $t_{0,05} = 2,0$ .

Молекулярно-генетический анализ (ДНК-анализ) образцов хвои изучаемых видов лиственниц и получение электрофореграмм проводились в лаборатории генетики Российского центра защиты леса Федерального агентства лесного хозяйства при Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Для выделения суммарной ДНК пользовались одним из видов молекулярно-генетического анализа – СТАВ-методом.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

*Сравнительный анализ изменчивости морфологических признаков видов рода Larix Mill.* Исследована индивидуальная изменчивость хвои, шишек и семян лиственниц сибирской и Сукачева. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1, 3, 6, 8, коэффициенты  $t$  для морфологических признаков шишек и хвои – в табл. 2, 4, 5, 7.

Данные, приведенные в табл. 1 свидетельствуют, что по такому существенному признаку, как длина хвои, имеются отличия между лиственницами, при этом средняя длина хвои у лиственницы Сукачева выше, чем у лиственницы сибирской. Следует отметить высокую изменчивость данного признака. По шкале Мамаева [11, 14] варьирование его находится на высоком уровне.

Таблица 1

**Сравнительный анализ изменчивости лиственниц сибирской и Сукачева по длине хвои**

Лиственница	$X_{ср}$ , мм	$S_x$ , мм	V, %
Сибирская:			
ГБС	24,9	±0,44	21,8
ИДС	24,1	±0,43	21,9
Сукачева:			
ГБС	30,5	±0,64	25,3
ИДС	32,8	±0,61	22,6

Несмотря на высокий уровень изменчивости данного признака (табл. 2), лиственница Сукачева значительно отличается от лиственницы сибирской по длине хвои. При этом отличия между лиственницей сибирской из ИДС и ГБС незначимы, а между лиственницей Сукачева из этих двух мест хотя и значимы, но коэффициент t намного ниже, чем между лиственницами сибирской и Сукачева.

Таблица 2

**Значимость разности между средней длиной хвои лиственниц сибирской и Сукачева**

Лиственница	Сибирская		Сукачева	
	ГБС	ИДС	ГБС	ИДС
Сибирская:				
ГБС	–	1,30	<b>7,21</b>	<b>10,50</b>
ИДС	1,30	–	<b>8,30</b>	<b>11,66</b>
Сукачева:				
ГБС	<b>7,21</b>	<b>8,30</b>	–	<b>2,60</b>
ИДС	<b>10,50</b>	<b>11,66</b>	<b>2,60</b>	–

Примечание. Достоверные отличия в табл. 2, 5, 7 выделены жирным шрифтом.

Из табл. 3 видно, что средняя длина шишек выше у лиственницы Сукачева, произрастающей в ГБС, однако при этом и наименьшая средняя длина шишек отмечается у лиственницы Сукачева, но из ИДС. Данный признак показал средний и высокий уровни изменчивости.

Таблица 3

**Сравнительный анализ изменчивости лиственниц сибирской и Сукачева по размерам шишек**

Лиственница	Длина шишек			Ширина шишек		
	$X_{ср}$ , мм	$S_x$ , мм	V, %	$X_{ср}$ , мм	$S_x$ , мм	V, %
Сибирская:						
ГБС	31,1	±0,54	21,3	28,3	±0,42	18,0
ИДС	29,9	±0,46	18,7	25,1	±0,33	16,2
Сукачева:						
ГБС	32,3	±0,35	13,5	19,8	±0,26	16,0
ИДС	28,1	±0,38	16,5	21,0	±0,32	18,7

Средняя ширина шишек лиственницы сибирской выше, чем у лиственницы Сукачева. Данный признак варьирует на среднем уровне.

Показатели лиственницы сибирской из ИДС и ГБС отличались незначимо, при этом незначимые отличия по длине шишек проявились и между лиственницами Сукачева и сибирской, произрастающими в ГБС (табл. 4). Между другими вариантами исследования отличия по длине шишек были значимы. Длина шишек показала себя как крайне нестабильный признак.

Таблица 4

**Значимость разности между средней длиной шишек лиственниц сибирской и Сукачева**

Лиственница	Сибирская		Сукачева	
	ГБС	ИДС	ГБС	ИДС
Сибирская:				
ГБС	–	1,69	1,86	<b>4,54</b>
ИДС	1,69	–	<b>4,15</b>	<b>3,02</b>
Сукачева:				
ГБС	1,86	<b>4,15</b>	–	<b>8,13</b>
ИДС	<b>4,54</b>	<b>3,02</b>	<b>8,13</b>	–

Лиственница Сукачева значимо отличается от лиственницы сибирской по ширине шишек (табл. 5). Значимые отличия были и между разными местами наблюдения в пределах видов, однако коэффициент t был значительно ниже, что говорит о несколько более сильных межвидовых различиях.

Таблица 5

**Значимость разности между средней шириной шишек лиственниц сибирской и Сукачева**

Лиственница	Сибирская		Сукачева	
	ГБС	ИДС	ГБС	ИДС
Сибирская:				
ГБС	–	<b>5,99</b>	<b>17,21</b>	<b>13,83</b>
ИДС	<b>5,99</b>	–	<b>12,62</b>	<b>8,92</b>
Сукачева:				
ГБС	<b>17,21</b>	<b>12,62</b>	–	<b>2,91</b>
ИДС	<b>13,83</b>	<b>8,92</b>	<b>2,91</b>	–

Из табл. 6 следует, что по числу чешуй в шишках лиственница Сукачева в одинаковых условиях произрастания превосходит лиственницу сибирскую. Данный признак варьирует на среднем и высоком уровнях.

Таблица 6

**Сравнительный анализ изменчивости лиственниц сибирской и Сукачева по числу чешуй в шишках**

Лиственница	$X_{ср}$ , шт.	$S_{x^2}$ , шт.	$V$ , %
Сибирская:			
ГБС	38,3	±0,66	21,1
ИДС	31,8	±0,49	18,7
Сукачева:			
ГБС	47,0	±0,52	13,7
ИДС	33,8	±0,52	18,7

Лиственница Сукачева значительно отличается от лиственницы сибирской по среднему числу чешуй в шишках (табл. 7). Значимые отличия наблюдались и между вариантами одного вида на разных объектах исследования.

Таблица 7

**Значимость разности между средним числом чешуй в шишках лиственниц сибирской и Сукачева**

Лиственница	Сибирская		Сукачева	
	ГБС	ИДС	ГБС	ИДС
Сибирская:				
ГБС	–	<b>7,91</b>	<b>10,35</b>	<b>5,36</b>
ИДС	<b>7,91</b>	–	<b>21,27</b>	<b>2,80</b>
Сукачева:				
ГБС	<b>10,35</b>	<b>21,27</b>	–	<b>17,95</b>
ИДС	<b>5,36</b>	<b>2,80</b>	<b>17,95</b>	–

Как видно из табл. 8, средняя длина семян у лиственницы Сукачева выше, чем у лиственницы сибирской. Этот признак достаточно стабилен, варьирует на низком и среднем уровнях. Лиственница Сукачева значительно отличается от лиственницы сибирской по данному признаку, о чем свидетельствует коэффициент Стьюдента:  $t = 11,8$ .

Средняя ширина семян у лиственницы Сукачева тоже выше. Этот признак варьирует на среднем уровне. Установлено, что изучаемые породы значительно отличаются друг от друга по ширине семян:  $t = 15,6$ .

Таблица 8

**Сравнительный анализ изменчивости лиственниц сибирской и Сукачева, произрастающих в ИДС, по размеру семян**

Лиственница	Длина семян			Ширина семян		
	$X_{ср}$ , мм	$S_x$ , мм	$V$ , %	$X_{ср}$ , мм	$S_x$ , мм	$V$ , %
Сибирская	4,3	$\pm 0,06$	14,6	2,7	$\pm 0,04$	13,8
Сукачева	5,3	$\pm 0,06$	10,9	3,7	$\pm 0,05$	13,9

Таким образом, результаты исследования показали достаточно высокий уровень индивидуальной изменчивости (средний и высокий уровень варьирования морфологических признаков хвои, шишек и семян). Вместе с тем различия между лиственницами сибирской и Сукачева в большинстве случаев статистически достоверны. Это говорит о том, что групповая изменчивость (в данном случае различие между двумя таксонами) превышает индивидуальную.

*Молекулярно-генетический анализ.* Сравнительная оценка видов рода *Larix* Mill на основе ДНК-анализа была проведена на следующих образцах:

- 1 – лиственница сибирская, дерево № 1 (ГБС);
- 2 – лиственница сибирская, дерево № 2 (ГБС);
- 3 – лиственница сибирская, дерево № 1 (ИДС);
- 4 – лиственница сибирская, дерево № 1 (г. Воскресенск, Московская обл.);
- 5 – лиственница Сукачева, дерево № 1 (ГБС);
- 6 – лиственница Сукачева, дерево № 2 (ГБС);
- 7 – лиственница Сукачева, дерево № 3 (ГБС).

Электрофореграммы спектров образцов суммарной ДНК лиственниц сибирской и Сукачева по праймерам приведены на рис. 1–5 (где М – маркер).

По праймеру 6 все варианты лиственницы сибирской показывают высокий полиморфизм, у лиственницы Сукачева отмечается высокое сходство, хотя полной идентичности нет. Большие различия наблюдаются между лиственницами сибирской и Сукачева.

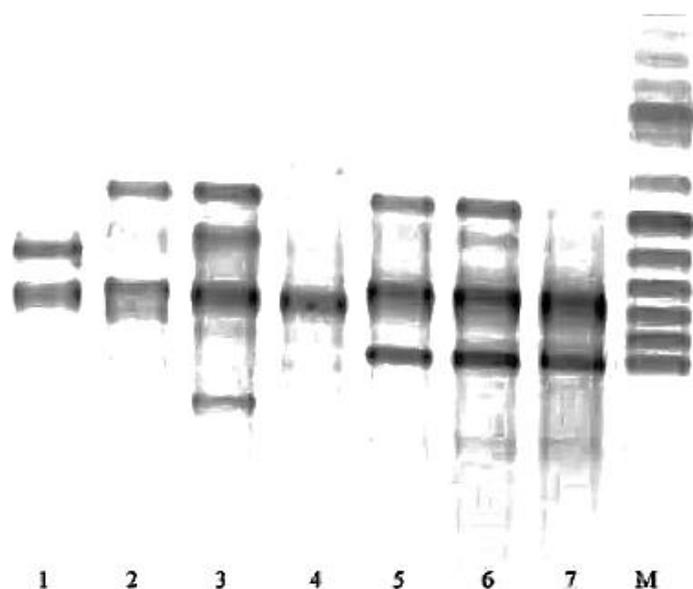


Рис. 1. Праймер 6

Fig. 1. Primer 6

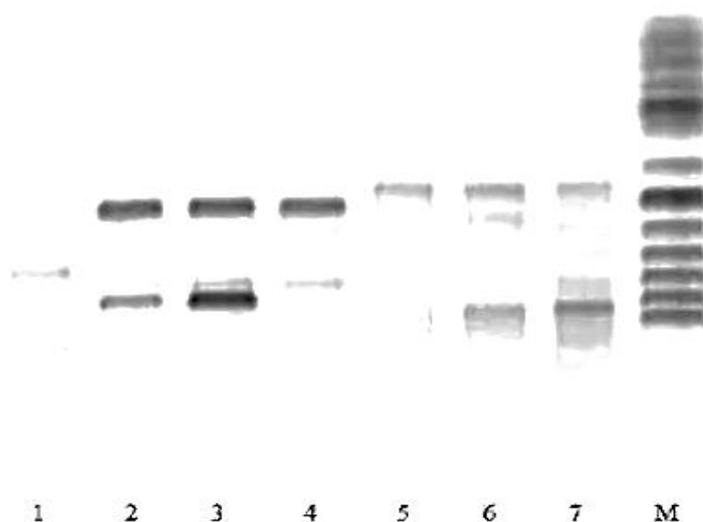


Рис. 2. Праймер 85

Fig. 2. Primer 85

По праймеру 85 наибольшее сходство обнаружено между образцами 2 и 3 лиственницы сибирской из ГБС и ИДС, а также у двух вариантов лиственницы Сукачева (образцы 6 и 7). Полной идентичности нет. Большие различия между лиственницами сибирской и Сукачева.

По праймеру 11 отмечается высокий полиморфизм у всех вариантов.

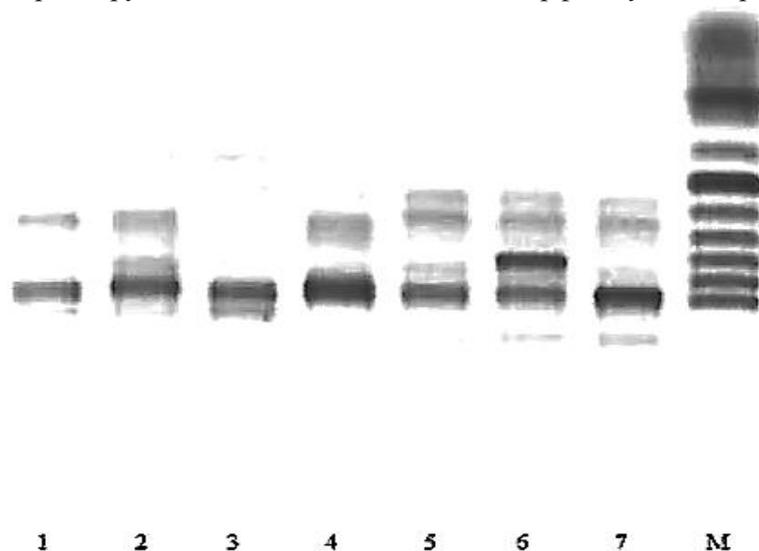


Рис. 3. Праймер 11

Fig. 3. Primer 11

По праймеру 26 установлен высокий полиморфизм у лиственницы сибирской (несколько более сходно дерево 2 ГБС с образцами 2 и 3 из ИДС). Наблюдается достаточно высокое сходство в этом примере среди экземпляров лиственницы Сукачева.

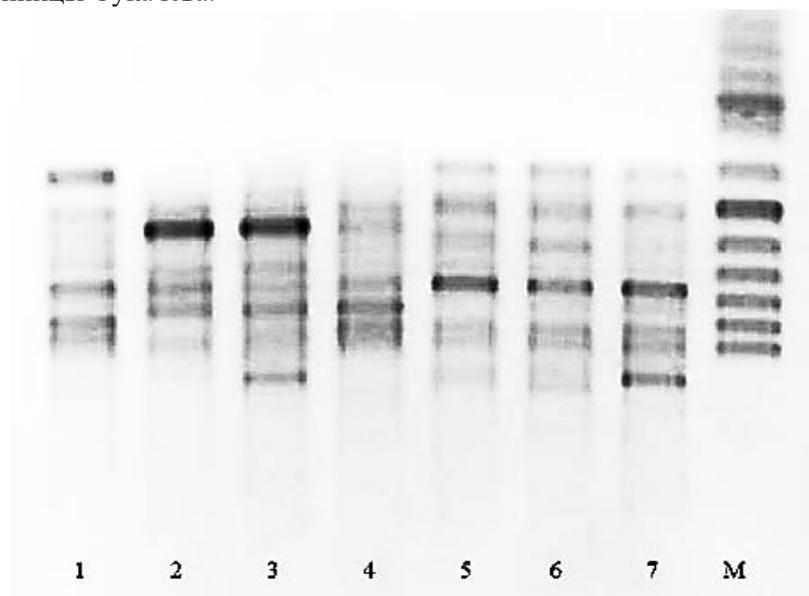


Рис. 4. Праймер 26

Fig. 4. Primer 26

По праймеру 98 выявлено достаточно высокое сходство между образцами 3 и 4 лиственницы сибирской. Высокий полиморфизм у лиственницы Сукачева.

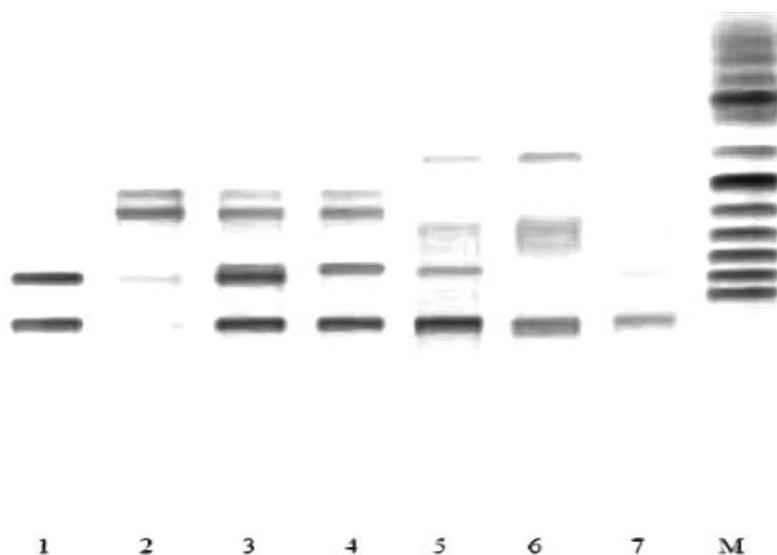


Рис. 5. Праймер 98

Fig. 5. Primer 98

Таким образом, согласно данным ДНК-анализа, среди исследованных образцов полных совпадений не обнаружено по всем указанным локусам. Имеет место высокая индивидуальная изменчивость как у деревьев лиственницы сибирской, так и по отдельным локусам лиственницы Сукачева. У локусов лиственницы Сукачева по праймерам 6, 85 и 26 наблюдается достаточно высокая схожесть между собой, при этом данные локусы резко отличаются от локусов лиственницы сибирской. В других, приведенных выше, локусах схожесть между образцами лиственницы Сукачева не такая явная, однако образцы лиственницы Сукачева имеют большее сходство друг с другом, чем с образцами лиственницы сибирской.

#### Заключение

На основании результатов исследований индивидуальной изменчивости морфологических признаков шишек, хвои и семян установлено, что лиственница Сукачева значительно отличается от лиственницы сибирской по данным признакам, исключением являются незначимые отличия по длине шишек между лиственницами Сукачева и сибирской, произрастающими в ГБС.

ДНК-анализ указывает на определенные различия между лиственницами сибирской и Сукачева по ряду исследованных локусов.

Таксономический статус лиственниц сибирской и Сукачева остается до конца неопределенным, что во многом связано с тем, что род *Larix* – активно эволюционирующий род. Из полученных данных можно сделать заключение, что лиственницы сибирскую и Сукачева следует рассматривать как географические расы одного вида, т. е. в таксономическом статусе подвидов. Это необходимо учитывать при интродукции этих лиственниц в европейскую часть России.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биоразнообразии лиственниц Азиатской России / А.П. Абаимов [и др.]; отв. ред.: С.П. Ефремов, Л.И. Милютин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т леса им. В.Н. Сукачева. Новосибирск: Гео, 2010. 159 с.
2. Бобров Е.Г. История и систематика лиственниц. Л.: Наука, 1972. 96 с. (Комаровские чтения; вып. 25).
3. Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д., Лобова С.Л. Результат 60-летнего опыта уникальных географических посадок лиственницы // Учен. зап. ПетрГУ, 2017. № 8(169). С. 44–48.
4. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции / отв. ред. А.С. Демидов. М.: Наука, 2005. 586 с.
5. Дылис Н.В. Сибирская лиственница: материалы к систематике, географии и истории. М.: Изд-во Моск. о-ва испытателей природы, 1947. 138 с.
6. Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 96 с.
7. Ивантеевский дендрологический сад ВНИИЛМ (каталог) / составители: А.С. Яблоков, М.И. Докучаева; науч. ред. Н.В. Котелова. М.: ВНИИЛМ, 1976. 88 с.
8. Карасев Н.Н. Повышение продуктивности лесов Подмоскovie путем интродукции лиственницы: автореф. дис. ... канд. с.- х. наук. М., 2009. 20 с.
9. Карасева М.А. Эколого-физиологические и агротехнические основы выращивания культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Led.) в Среднем Поволжье: дис. ... д-ра с.-х. наук. Йошкар-Ола, 2004. 371 с.
10. Кашин В.И., Козобродов А.С. Лиственничные леса Европейского Севера России. Архангельск: Изд-во Арх. фил. Рус. геогр. о-ва РАН, 1994. 220 с.
11. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973. 284 с.
12. Милютин Л.И., Муратова Е.Н., Ларионова А.Я. Генетико-таксономический анализ популяций лиственниц сибирской и Сукачева // Лесоведение. 1993. № 5. С. 55–63.
13. Орнатский А.Н. Обогащение лесных ресурсов республики Мордовия посредством интродукции лиственницы сибирской: дис. ... канд. биол. наук. Йошкар-Ола, 2002. 223 с.
14. Погиба С.П., Казанцева Е.В. Методы биометрического анализа в лесной селекции и генетике. М.: МГУЛ, 2014. 45 с.
15. Редько Г.И. Линдуловская лиственничная роща: учеб. пособие. Л.: ЛТА, 1984. 96 с.
16. Рысин Л.П. Лиственничные леса России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 343 с.
17. Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 216 с.
18. Тихонов П.Р., Наквасина Е.Н. Внутривидовая изменчивость лиственницы Сукачева (*Larix sukaczowii* DuRoi) по габитуальным признакам в естественных насаждениях Архангельской области // Вестн. Помор. ун-та. Сер.: Естественные и точные науки. 2005. Вып. 2. С. 29–35.
19. Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М.: Медицина, 1975. 297 с.
20. Царев А.П., Погиба С.П., Лаур Н.В. Селекция лесных и декоративных древесных растений: учеб. для вузов. М.: МГУЛ, 2014. 552 с.
21. 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.

22. Araki N.H.T., Khatab I.A., Hemamali K.K.G.U., Inomata N., Wang X.-R., Szmidt A.E. Phylogeography of *Larix sukaczewii* Dyl. and *Larix sibirica* L. Inferred from Nucleotide Variation of Nuclear Genes // Tree Genetics & Genomes. 2008. Vol. 4, iss. 4. Pp. 611–623. DOI: 10.1007/s11295-008-0137-1

23. Burleigh J.G., Barbazuk W.B., Davis J.M., Morse A.M., Soltis P.S. Exploring Diversification and Genome Size Evolution in Extant Gymnosperms through Phylogenetic Synthesis // Journal of Botany. 2012. Vol. 2012, article ID 292857. 6 p. DOI: 10.1155/2012/292857

24. 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.

25. Leslie A.B., Beaulieu J.M., Rai H.S., Crane P.R., Donoghue M.J., Mathews S. Hemisphere-Scale Differences in Conifer Evolutionary Dynamics // PNAS. 2012. Vol. 109, iss. 40. Pp. 16217–16221. DOI: 10.1073/pnas.1213621109

26. Ran J.-H., Shen T.-T., Wu H., Gong X., Wang X.-Q. Phylogeny and Evolutionary History of *Pinaceae* Updated by Transcriptomic Analysis // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2018. Vol. 129. Pp. 106–116. DOI: 10.1016/j.ympev.2018.08.011

Поступила 02.03.19

UDC 630\*165.51

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.9

### Genetic Selection Analysis of Siberian and Sukachev's Larches Introduced in Moscow and Moscow Region

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

ORCID: [0000-0002-6271-1444](https://orcid.org/0000-0002-6271-1444)

M.A. Lavrenov<sup>1</sup>, Senior Lecturer; ResearcherID: [E-2995-2018](https://orcid.org/0000-0001-9708-9037),

ORCID: [0000-0001-9708-9037](https://orcid.org/0000-0001-9708-9037)

<sup>1</sup>Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, ul. 1-ya Institutskaya, Mytishchi, Moscow Region, 141005, Russian Federation; e-mail: bryntsev@mail.ru, maxlavrenov93@mail.ru

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

The question of taxonomic status of Sukachev's larch is still not understood to a full degree. There are arguments both in favor of separation of Siberian and Sukachev's larches into individual species, and in favor of association them into the one. The issues of great importance are the works on the introduction of larch trees in the center of the European part of Russia in order to increase the resource potential of forests in this region. The study of variability of Siberian and Sukachev's larches in the new climatic conditions, which take place during the introduction, can give interesting results important not only for discussion of their taxonomic rank, but for practical purposes of introduction. The paper presents comparative analysis of Siberian and Sukachev's larches according to their individual variability of morphological characteristics and molecular genetic analysis. The studies were carried out in the conditions of introduction in Moscow (Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin) and Moscow region (Ivanteevskiy Arboretum). The morphological features of cones, needles and seeds were studied: length and width of cones, number of scales in them, length of needles, length and width of seeds. The arithmetic mean values of characters, the error of the arithmetic mean values of characters and the coefficient of variation were counted. On the basis of the obtained results, significant differences in morphological characteristics of

cones, seeds and needles are established, which gives reasons to distinguish Sukachev's larch as a geographical race; a subspecies of Siberian larch.

**For citation:** Bryntsev V.A., Lavrenov M.A. Genetic Selection Analysis of Siberian and Sukachev's Larches Introduced in Moscow and Moscow Region. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 4, pp. 9–21. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.9

**Keywords:** Siberian larch, Sukachev's larch, introduction, species.

#### REFERENCES

1. Abaimov A.P. et al. *Biodiversity of Larch in Asian Russia*. Editors in Chief S.P. Efremov, L.I. Milyutin. Novosibirsk, Geo Publ., 2010. 159 p.
2. Bobrov E.G. *History and Systematics of Larch*. Leningrad, Nauka Publ., 1972. 96 p.
3. Glazunov Yu.B., Merzlenko M.D., Lobova S.L. Results of the 60-Years' Experience of Unique Geographical Larch Plantings. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University], 2017, no. 8(169), pp. 44–48.
4. *Woody Plants of the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences: 60 Years of Introduction*. Editor in Chief A.S. Demidov. Moscow, Nauka Publ., 2005. 586 p.
5. Dylis N.V. *Siberian Larch: Materials to Systematics, Geography and History*. Moscow, MOIP Publ., 1947. 132 p.
6. Dylis N.V. *Larch*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1981. 96 p.
7. *Ivanteevsky Dendrological Garden of VNIILM (Catalogue)*. Content by A.S. Yablokov, M.I. Dokuchaeva; Science editor N.V. Kotelova. Moscow, VNIILM Publ., 1976. 88 p.
8. Karasev N.N. *Improving the Productivity of Forests in Moscow Region through the Larch Introduction*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Moscow, 2009. 20 p.
9. Karaseva M.A. *Ecological, Physiological and Agrotechnical Basics of Cultivation of Siberian Larch (Larix sibirica Led.) Crops in the Middle Volga Region*: Dr. Agric. Sci. Diss. Yoshkar-Ola, 2004. 371 p.
10. Kashin V.I., Kozobrodov A.S. *Larch Forests of the European North of Russia*. Arkhangelsk, Arkhangelsk Branch of RGO RAS Publ., 1994. 215 p.
11. Mamaev S.A. *Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants: (On the Example of the Family Pinaceae in the Urals)*. Moscow, Nauka Publ., 1973. 284 p.
12. Milyutin L.I., Muratova E.N., Larionova A.Ya. Genetic and Taxonomic Analysis of Siberian Larch and Sukachev's Larch Populations. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1993, no. 5, pp. 55–63.
13. 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.
14. Pogiba S.P., Kazantseva E.V. *Methods of Biometric Analysis in Forest Breeding and Genetics*. Moscow, MSFU Publ., 2014. 45 p.
15. Red'ko G.I. *Lindulovskaya Larch Grove*: Educational Textbook. Leningrad, LTA Publ., 1984. 96 p.
16. Rysin L.P. *Larch Forests of Russia*. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2010. 343 p.
17. Timofeev V.P. *Larch Forest Crops*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 216 p.
18. Tikhonov P.R., Nakvasina E.N. Intraspecific Variability of Larch (*Larix sukaczowii* Dyl.) According to Habitual Features in Natural Plantations of the Arkhangelsk Region. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya: Estestvennyye i tochnyye nauki*, 2005, no. 2(8), pp. 29–35.

- 
19. Urbakh V.Yu. *Statistical Analysis in Biological and Medical Research*. Moscow, Meditsina Publ., 1975. 297 p.
20. Tsarev A.P., Pogiba S.P., Laur N.V. *Breeding of Forest and Ornamental Woody Plants*. Moscow, MSFU Publ., 2014. 552 p.
21. 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.
22. Araki N.H.T., Khatab I.A., Hemamali K.K.G.U., Inomata N., Wang X.-R., Szmidt A.E. Phylogeography of *Larix sukaczewii* Dyl. and *Larix sibirica* L. Inferred from Nucleotide Variation of Nuclear Genes. *Tree Genetics & Genomes*, 2008, vol. 4, iss. 4, pp. 611–623. DOI: 10.1007/s11295-008-0137-1
23. Burleigh J.G., Barbazuk W.B., Davis J.M., Morse A.M., Soltis P.S. Exploring Diversification and Genome Size Evolution in Extant Gymnosperms through Phylogenetic Synthesis. *Journal of Botany*, 2012, vol. 2012, Article ID 292857. 6 p. DOI: 10.1155/2012/292857
24. 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.
25. Leslie A.B., Beaulieu J.M., Rai H.S., Crane P.R., Donoghue M.J., Mathews S. Hemisphere-Scale Differences in Conifer Evolutionary Dynamics. *PNAS*, 2012, vol. 109, iss. 40, pp. 16217–16221. DOI: 10.1073/pnas.1213621109
26. Ran J.-H., Shen T.-T., Wu H., Gong X., Wang X.-Q. Phylogeny and Evolutionary History of *Pinaceae* Updated by Transcriptomic Analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2018, vol. 129, pp. 106–116. DOI: 10.1016/j.ympev.2018.08.011

Received on March 02, 2019

---