

**Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, Б.А. Кентбаева, Е.Ж. Кентбаев,
Е.И. Мамонов, В.Е. Запольнов**

РОСТ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ ШРЕНКА (*PICEA SCHRENKIANA*) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В НИЖЕГОРОДСКУЮ ОБЛАСТЬ

Введение. В решении задач, связанных с реализацией стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г., предусмотрено непрерывное совершенствование теории и практики отечественного лесного хозяйства, обозначен системный переход к его интенсивным формам и инновационному типу на платформе непрерывного и неистощительного лесопользования и принципах научно-обоснованного воспроизводства лесов. Важное значение в этой связи приобретает оптимизация ассортимента важнейших древесных видов, привлекаемых для создания промышленных плантаций, защитных и озеленительных насаждений. Здесь весьма заметна роль наиболее перспективных интродуцентов, к списку которых с полным основанием можно отнести многочисленных представителей рода Ель (*Picea* A. Dietr.). Список хозяйственно используемых видов ели, в том числе инорайонных, периодически пополняется [Бессчетнова и др., 2017б; 2018; 2019; Кулькова и др., 2018а, б; 2021]. В их числе наименее исследована ель Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. & С.А. Mey.), интродукция которой в Нижегородскую область впервые предпринята нами с учетом сложившихся теоретических представлений об этом процессе [Базилевская, 1964; Бессчетнова, 1971; 1983; Лапин, 1973; 1979; Плотникова, 1988], в том числе в отношении хвойных древесных пород [Дроздов, 1989; 1998а, б; 2002; Дроздов и др., 2000; 2005; Жигунов, 2000]. Ель Шренка является эндемичным видом природной флоры Северного Тянь-Шаня, где относится к доминантам лесного покрова и выступает главной лесообразующей породой [Быков, 1950; 1960; 1985; Проскуряков, 1983; Debreczy, 2012; Farjon, 2013]. Большое хозяйственное значение и важные экостабилизирующие функции насаждений ели Шренка вызывают повышенный интерес к ней со стороны исследователей [Келгенбаев и др., 2016а, б; Мамбетов и др., 2018; Кентбаева и др., 2020; 2021]. В Нижегородской области изучение этой породы ранее не проводилось, информация о ней крайне ограничена и на текущий момент требует своего существенного пополнения и дальнейшей детализации.

Цель исследования – установить эффективность и определить перспективы интродукции ели Шренка в Нижегородскую область путем оценки показателей роста её семян в условиях открытого грунта.

Методика исследования. Объектом исследования послужили четырехлетние сеянцы ели Шренка, полученные от нормальных семян из естественных насаждений на территории Алматинского государственного природного заповедника, который размещается на юго-востоке Казахстана в центральной части Заилийского Алатау. Его географические координаты составили: 43°06'00" с. ш. 77°19'00" в. д. Высотные границы пояса еловых лесов на его территории очерчены линиями альтитуд 1600 – 2800 м над уровнем моря. Посев семян и выращивание сеянцев произведены в открытом грунте при искусственном орошении на опытном древесном питомнике Нижегородской ГСХА с координатами: 56°19'43" с. ш. 44°00'07" в. д., абсолютной высотой 136 м. Вектор интродукционного переноса составил 13°13'43" с. ш. –33°18'53" в. д., а перепад высот достиг 2664 м. Методология базировалась на теоретических представлениях об организационных требованиях к опыту (типичности, пригодности, целесообразности, надежности), принципах единственного логического различия и рендомизированного размещения растений, вводимых в выборку [Никитин и др., 1978; Доспехов, 2014; Бондаренко и др., 2016; Mason et al., 2003; Mead et al., 2003; Srinagesh, 2005; Hinkelmann et al., 2008; Zar, 2014; Dean et al., 2017]. Согласно этому для элиминации дифференцирующего влияния хронографических и экологических факторов учет всех растений был выполнен одновременно. Кроме того, в схему опыта включали только одновозрастные сеянцы, размещенные в одинаковых почвенно-климатических условиях на едином агрофоне и находящиеся в одинаковом фенологическом состоянии (полное завершение сезонной вегетации). Исходной теоретической посылкой при выдвижении гипотезы о потенциальном успехе интродукции ели Шренка в Нижегородское Поволжье выступали сведения о распространении на территории региона естественных насаждений ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), которые в зоне трансгрессии своих ареалов образуют фертильные межвидовые гибриды, чаще известные как ель финская (*Picea ×fennica* (Regel) Kom.) [Бессчетнова и др., 2017; 2019; 2021; Кулькова и др., 2018; 2021; Hodgetts et al., 2001; Scotti et al., 2002; Gutkowska et al., 2017; Stojnić et al., 2019; Tóth et al., 2019].

Поскольку одним из ключевых критериев успешной интродукции древесных растений признан комплекс многочисленных характеристик их семенной репродукции, изучали количественные параметры надземной части сеянцев ели Шренка. Высота надземной части и протяженность боковых

ветвей измеряли линейкой с точностью до 0,5 мм; диаметр – электронным штангенциркулем (Digital Caliper SH20) с точностью до 0,01 мм. Наряду с показателями непосредственного учета и прямой фиксации использовали производные признаки, широко и традиционно применяющиеся в лесоводственных и биологических исследованиях [Бессчетнова и др., 2017а, б; 2019; 2021; Бессчетнов и др., 2018; Кулькова и др., 2018; 2021; Улитин и др., 2020; Есичев и др. 2021; Noll et al., 2010]. Статистическая обработка данных выполнена по действующим рекомендациям [Никитин и др., 1978; Доспехов, 2014; Бондаренко и др., 2016]. Уровень изменчивости признаков устанавливали по шкале С.А. Мамаева [Мамаев, 1969]. Качественную оценку тесноты связи давали по шкале Р.Е. Чеддока [Котеров и др., 2019; Chaddock, 1925], нашедшую применение и в лесном хозяйстве [Bruce et al., 1931].

Результаты исследования. Рост и развитие сеянцев ели Шренка в условиях интродукции характеризовались заметной динамикой параметров их надземной части (табл. 1).

Таблица 1

Параметры надземной части сеянцев ели Шренка^{1,2}

Parameters of the aboveground part of the seedlings of Shrenk spruce^{1,2}

Признак	М	СКО	max	min	Δ	±m	Cv, %	t	P, %
1	10,53	2,83	19,50	5,60	13,90	0,23	26,91	46,55	2,15
2	2,52	0,90	5,01	0,80	4,21	0,07	35,59	35,20	2,84
3	7,75	3,62	17,00	2,00	15,00	0,29	46,78	26,79	3,73
4	3,27	0,98	6,00	1,00	5,00	0,08	30,09	41,65	2,40
5	25,60	18,14	88,60	0,00	88,60	1,45	70,85	17,69	5,65
6	17,71	12,27	54,00	0,00	54,00	0,98	69,25	18,09	5,53
7	5,60	3,88	19,71	0,50	19,21	0,31	69,28	18,09	5,53
8	2,89	2,06	11,14	0,65	10,49	0,16	71,22	17,59	5,68
9	0,72	0,25	1,41	0,20	1,20	0,02	34,42	36,40	2,75

¹ Статистики: М – среднее арифметическое; СКО – среднеквадратическое отклонение; max – абсолютный максимум значений; min – абсолютный минимум значений; Δlim – диапазон абсолютных значений, ±m – ошибка репрезентативности выборочного среднего; Cv – коэффициент вариации, %; t – опытное значение критерия Стьюдента ($t_{05} = 1,98$; $t_{01} = 2,63$); P – относительная ошибка или точность опыта, %.

² Признаки сеянцев: 1 – высота надземной части, см; 2 – диаметр центрального побега у шейки корня, мм; 3 – количество боковых ветвей на центральном побеге, шт.; 4 – количество почек на центральном побеге, шт.; 5 – суммарная длина боковых ветвей в надземной части, см; 6 – суммарное количество побегов на боковых ветвях, шт.; 7 – площадь поперечного сечения центрального побега у корневой шейки, мм²; 8 – индекс роста растения, см/мм²; 9 – плотность кроны как отношение количества боковых ветвей к высоте, шт./см.

Высота надземной части сеянцев (признак 1) была неодинаковой, и её среднее значение достигло $10,53 \pm 0,23$ см. При этом абсолютный диапазон (13,90 см) превысил величину среднего арифметического на 3,37 см, а отношение лимитов составило 3,48. Это неизбежно повлияло на изменчивость параметра, которая в оценках по коэффициенту вариации ($C_v = 26,91\%$) соответствовала повышенному уровню по шкале Мамаева ($C_v = 26...35\%$). Разброс значений диаметра ствола у шейки корня (признак 2) был несколько выше, и среднее арифметическое составило $2,52 \pm 0,07$ мм. Лимиты при их соотношении 6,26 сформировали диапазон, равный 4,21 мм, превосходящий среднее в 1,67 раза, или на 1,69 мм. Коэффициент вариации ($C_v = 35,20\%$), хотя и заметно больший, чем в предыдущем случае, указывает на такой же повышенный уровень изменчивости. Количество боковых ветвей, возникших на центральном побеге (признак 3), среднее значение которого было $7,75 \pm 0,29$ шт., оказалось еще менее стабильным показателем. Абсолютный максимум превысил абсолютный минимум на 15 шт., или в 8,5 раза. Коэффициент вариации, составивший 46,78%, обозначил высокий уровень изменчивости данного показателя по принятой в опыте шкале ($C_v = 36...50\%$). В целом такая картина свидетельствует о неравнозначном потенциале сеянцев в формировании скелетных ветвей, а следовательно, и дальнейшем развитии кроны.

Ряд признаков (признаки 5–8) характеризовался очень высоким уровнем изменчивости ($C_v > 50\%$). Так, суммарная длина боковых ветвей в надземной части (признак 5), косвенно характеризующая фитонасыщенность кроны и в среднем равная $25,60 \pm 1,45$ см, варьировала от полного отсутствия боковых побегов на скелетных ветвях (абсолютный минимум равен 0) до их протяженности в 88,60 см (диапазон лимитов). Наибольшая изменчивость ($C_v = 71,22\%$), также соответствующая очень высокому уровню, была зафиксирована по индексу напряженности роста дерева (признак 8), показателю, предложенному Л.Ф. Семериковым [Семериков, 1974] и выступающему информативной характеристикой общего биологического состояния растений, индикатором внутренних процессов их роста, дескриптором режимов распределения потоков вещества и энергии между частями и органами. Средняя величина указанного индекса составила $2,89 \pm 0,16$ см/мм², лимиты соотносились как 17,14 и сформировали диапазон 10,49 см/мм².

Взаимозависимость проявлений характеристик надземной части сеянцев ели Шренка была определена в ходе корреляционного анализа (табл. 2). В частности, высота надземной части сеянцев (признак 1) имела высо-

кую по шкале Чеддока тесноту связи с количеством боковых ветвей на центральном побеге (признак 3) и суммарной длиной боковых ветвей в надземной части (признак 5): $r \pm mr = 0,705 \pm 0,057$ ($tr = 12,38$) и $r \pm mr = 0,728 \pm 0,055$ ($tr = 13,20$) соответственно. Однако чаще парные линейные коэффициенты корреляции Пирсона при сопоставлении оценок высоты надземной части с динамическими рядами других параметров надземной части сеянцев ели Шренка (признаки 2, 4, 6, 7) демонстрировали, преимущественно, заметную тесноту связи по вышеуказанной шкале.

Таблица 2

Корреляция характеристик надземной части сеянцев ели Шренка в условиях интродукции¹

Correlation of the characteristics of the aboveground part of Schrenk spruce seedlings in the conditions of introduction¹

Критерий	Признак								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Признак 1 – высота надземной части									
<i>r</i>	1,000	0,520	0,705	0,514	0,728	0,676	0,515	-0,171	0,200
$\pm mr$	0,000	0,069	0,057	0,069	0,055	0,059	0,069	0,079	0,079
<i>tr</i>	999(9)	7,58	12,38	7,46	13,20	11,43	7,47	2,16	2,54
Признак 2 – диаметр центрального побега у шейки корня									
<i>r</i>	0,520	1,000	0,489	0,343	0,402	0,410	0,981	-0,809	0,289
$\pm mr$	0,069	0,000	0,070	0,075	0,074	0,073	0,016	0,047	0,077
<i>tr</i>	7,58	999(9)	6,98	4,55	5,47	5,60	63,08	17,15	3,75
Признак 3 – количество боковых ветвей на центральном побеге									
<i>r</i>	0,705	0,489	1,000	0,440	0,884	0,867	0,489	-0,250	0,815
$\pm mr$	0,057	0,070	0,000	0,072	0,038	0,040	0,070	0,078	0,047
<i>tr</i>	12,38	6,98	999(9)	6,11	23,53	21,65	6,97	3,22	17,51
Признак 4 – количество почек на центральном побеге									
<i>r</i>	0,514	0,343	0,440	1,000	0,413	0,418	0,334	-0,146	0,215
$\pm mr$	0,069	0,075	0,072	0,000	0,073	0,073	0,076	0,079	0,078
<i>tr</i>	7,47	4,55	6,11	999(9)	5,64	5,74	4,40	1,84	2,75
Признак 5 – суммарная длина боковых ветвей в надземной части									
<i>r</i>	0,728	0,402	0,884	0,413	1,000	0,940	0,404	-0,165	0,633
$\pm mr$	0,055	0,074	0,038	0,073	0,000	0,027	0,073	0,079	0,062
<i>tr</i>	13,2	5,47	23,53	5,64	999(9)	34,39	5,50	2,08	10,19

Окончание табл. 2

Критерий	Признак								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Признак 6 – суммарное количество побегов на боковых ветвях									
<i>r</i>	0,676	0,410	0,867	0,418	0,940	1,000	0,414	-0,185	0,652
$\pm mr$	0,059	0,073	0,040	0,073	0,027	0,000	0,073	0,079	0,061
<i>tr</i>	11,4	5,60	21,65	5,74	34,39	999(9)	5,66	2,34	10,72
Признак 7 – площадь поперечного сечения центрального побега у корневой шейки									
<i>r</i>	0,515	0,981	0,489	0,334	0,404	0,414	1,000	-0,714	0,280
$\pm mr$	0,069	0,016	0,070	0,076	0,073	0,073	0,000	0,056	0,077
<i>tr</i>	7,5	63,08	6,97	4,40	5,50	5,66	999(9)	12,68	3,63
Признак 8 – индекс напряженности роста растения									
<i>r</i>	-0,171	-0,809	-0,250	-0,146	-0,165	-0,185	-0,714	1,000	-0,249
$\pm mr$	0,079	0,047	0,078	0,079	0,079	0,079	0,056	0,000	0,078
<i>tr</i>	2,2	17,15	3,22	1,84	2,08	2,34	12,68	999(9)	3,20
Признак 9 – плотность кроны как отношение количества боковых ветвей к высоте									
<i>r</i>	0,200	0,289	0,815	0,215	0,633	0,652	0,280	-0,249	1,000
$\pm mr$	0,079	0,077	0,047	0,078	0,062	0,061	0,077	0,078	0,000
<i>tr</i>	2,5	3,75	17,51	2,75	10,19	10,72	3,63	3,20	999(9)

Показатели: *r* – коэффициент корреляции Пирсона; $\pm mr$ – ошибка коэффициента корреляции; *tr* – критерий достоверности коэффициента корреляции ($t_{05} = 1,98$).

Примером может служить корреляция с диаметром центрального побега у шейки корня ($r \pm mr = 0,520 \pm 0,069$; $tr = 7,58$), количеством почек на центральном побеге ($r \pm mr = 0,514 \pm 0,069$; $tr = 7,46$), суммарным количеством побегов на боковых ветвях ($r \pm mr = 0,676 \pm 0,059$; $tr = 11,43$), площадью поперечного сечения центрального побега у корневой шейки, ($r \pm mr = 0,515 \pm 0,069$; $tr = 7,47$). Два признака (признаки 8 и 9) проявили слабую тесноту связи с высотой надземной части: индекс напряженности роста сеянцев ($r \pm mr = -0,171 \pm 0,079$; $tr = 2,16$) и плотность кроны как отношение количества боковых ветвей к высоте ($r \pm mr = 0,200 \pm 0,079$; $tr = 2,54$). При этом в первом случае связь отрицательная, а во втором – положительная. Все представленные выше значения корреляций статистически вполне надежны, что обусловлено достаточным для сложившегося уровня изменчивости признаков числом наблюдений и учетов.

Намного большие оценки корреляций, соответствующие весьма высокой тесноте связи по шкале Чеддока, обнаружены в сопоставлении значений диаметра центрального побега у шейки корня (признак 2) с площадью

его поперечного сечения в этой зоне (признак 7): $r \pm mr = 0,981 \pm 0,016$ ($tr = 63,08$). Сопоставимые величины зафиксированы во взаимосвязи суммарной длины боковых ветвей в надземной части (признак 5) с Признаком 6 – суммарным количеством побегов на боковых ветвях (признак 6): $r \pm mr = 0,940 \pm 0,027$ ($tr = 34,39$). Остальные признаки проявили свойственную им специфику корреляции, чаще относящуюся к достоверной и положительной по знаку.

Регрессионный анализ позволил построить уравнения прямой линии, которые, в целом, адекватно отражают зависимость изменений какой-либо из характеристик надземной части сеянцев ели Шренка от проявления варьирования других показателей. В частности, зависимость одного из наиболее важных критериев развития интродуцентов – высоты надземной части сеянцев (признак 1) – от всех остальных переменных (признаки 2–9) достаточно надежно описывалась уравнениями вида: $y = ax + b$ (табл. 3). Достаточно надежным ($R^2 > 0,5$ или близок к нему) можно признать описание его зависимости от количество боковых ветвей на центральном побеге ($y = 0,551x + 6,257$; $R^2 = 0,49719$); от суммарной длины боковых ветвей в надземной части ($y = 0,114x + 7,617$; $R^2 = 0,5294$); от суммарного количества побегов на боковых ветвях ($y = 0,156x + 7,759$; $R^2 = 0,4576$).

Таблица 3

Регрессионная зависимость параметров надземной части сеянцев ели Шренка в условиях интродукции

Regression dependence of the parameters of the aboveground part of Schrenk spruce seedlings in the conditions of introduction

Признак	Уравнение регрессии	R^2	t -статистика коэффициентов		Критерий Фишера	
			a	b	$F_{оп}$	F_{05}
Признак 1 – высота надземной части						
2	$y = 1,646x + 6,386$	0,2707	7,584	11,022	57,521	2,9E–12
3	$y = 0,551x + 6,257$	0,4971	12,378	16,436	153,204	6,6E–25
4	$y = 1,482x + 5,685$	0,2644	7,465	8,393	55,723	5,6E–12
5	$y = 0,114x + 7,617$	0,5294	13,205	28,236	174,365	3,7E–27
6	$y = 0,156x + 7,759$	0,4576	11,435	26,382	130,757	2,4E–22
7	$y = 0,376x + 8,422$	0,2649	7,474	24,607	55,857	5,4E–12
8	$y = -0,235x + 11,207$	0,0292	-2,158	29,023	4,659	0,03243
9	$y = -2,276x + 8,883$	0,0399	2,538	12,971	6,442	0,01213

Окончание табл. 3

Признак	Уравнение регрессии	R ²	t-статистика коэффициентов		Критерий Фишера	
			a	b	F _{оп}	F ₀₅
Признак 2 – диаметр центрального побега у шейки корня						
1	$y = 0,164x + 0,785$	0,2707	7,584	3,321	57,521	2,9E-12
3	$y = 0,121x + 1,580$	0,2392	6,981	10,674	48,736	8,1E-11
4	$y = 0,313x + 1,494$	0,1179	4,552	6,372	20,725	1,1E-05
5	$y = 0,020x + 2,007$	0,1618	5,470	17,641	29,921	1,8E-07
6	$y = 0,030x + 1,986$	0,1682	5,598	17,248	31,334	9,6E-08
7	$y = 0,227x + 1,248$	0,9625	63,079	51,070	3979,00	2E-112
8	$y = -0,352x + 3,533$	0,6549	-17,152	48,563	294,180	1,2E-37
9	$y = -1,039x + 1,765$	0,0833	3,752	8,346	14,077	0,00025
Признак 3 – количество боковых ветвей на центральном побеге						
1	$y = 0,902x - 1,746$	0,4971	12,378	-2,199	153,204	6,6E-25
2	$y = 1,979x + 2,767$	0,2392	6,981	3,657	48,736	8,1E-11
4	$y = 1,623x + 2,442$	0,1939	6,107	2,693	37,295	7,8E-09
5	$y = 0,177x + 3,225$	0,7813	23,533	13,714	553,780	5E-53
6	$y = 0,256x + 3,210$	0,7514	21,645	12,606	468,518	1E-48
7	$y = 0,456x + 5,190$	0,2387	6,971	11,653	48,594	8,5E-11
8	$y = -0,440x + 9,018$	0,0626	-3,217	18,586	10,348	0,00158
9	$y = -11,873x - 0,832$	0,6641	17,507	-1,606	306,508	1,5E-38
Признак 5 – суммарная длина боковых ветвей в надземной части						
1	$y = 4,657x - 23,429$	0,5294	13,205	-6,095	174,365	3,7E-27
2	$y = 8,146x + 5,103$	0,1618	5,470	1,284	29,921	1,8E-07
3	$y = 4,424x - 8,671$	0,7813	23,533	-5,396	553,780	5E-53
4	$y = 7,616x + 0,712$	0,1704	5,643	0,155	31,846	7,7E-08
6	$y = 1,390x + 0,972$	0,8841	34,390	1,117	1182,682	2E-74
7	$y = 1,889x + 15,024$	0,1632	5,498	6,427	30,223	1,6E-07
8	$y = -1,451x + 29,796$	0,0272	-2,081	12,043	4,330	0,03908
9	$y = 46,193x - 7,773$	0,4013	10,192	-2,246	103,873	5,5E-19

Примечание. В табл. 3 использованы те же сокращения и обозначения признаков, как и в табл. 2.

Более адекватным представляется описание подобными уравнениями зависимости диаметра центрального побега у шейки корня (признак 2) от площади поперечного сечения центрального побега у корневой шейки (признак 7) и индекса напряженности роста семян (признак 8): $y = 0,227x +$

+ 1,248 ($R^2 = 0,9625$), $y = -0,352x + 3,533$; ($R^2 = 0,6549$) соответственно. То же можно сказать в отношении зависимости количества боковых ветвей на центральном побеге (признак 3) от суммарной длины боковых ветвей в надземной части (признак 5), а также от суммарного количества побегов на боковых ветвях (признак 6) и плотности кроны (признак 9). Соответствующие уравнения регрессии принимали вид: $y = 0,177x + 3,225$ ($R^2 = 0,7813$), $y = 0,256x + 3,210$ ($R^2 = 0,7514$), $y = -11,873x - 0,832$; ($R^2 = 0,6641$). Суммарная длина боковых ветвей в надземной части (признак 5) имела связь с количеством боковых ветвей на центральном побеге (признак 3) и суммарным количеством побегов на боковых ветвях (признак 6), которая также достаточно надежно описывается уравнениями прямой линии: $y = 4,424x + 8,671$ ($R^2 = 0,7813$), $y = 1,390x + 0,972$ ($R^2 = 0,8841$) соответственно.

По другим вариантам взаимодействия показатели достоверности аппроксимации не столь высоки и чаще не превышали 50%-й порог. Вместе с тем коэффициенты уравнения чаще бывали статистически надежными, и их соответствующие t -статистики (t_a и t_b) превосходили табличное значение критерия Стьюдента на 5%-м уровне значимости при заданном числе степеней свободы ($t_{05} = 1,98$). Расчетные значения критерия Фишера, по которому оценивалось отношение дисперсий, задействованных в данном регрессионном анализе, также были принципиально больше соответствующих минимально допустимых пределов. Отмеченные фенотипические различия между сеянцами ели Шренка сформировались на выровненном фоне условий их произрастания (температура, влажность, освещенность, субстрат, площадь питания и другие технологические и экологические параметры), что может служить основанием для признания наследственной обусловленности, зафиксированной в опыте изменчивости. Следует отметить, что в период проведения наблюдений признаков поражения исследуемых растений биотическими либо абиотическими факторами установлено не было.

Выводы. 1. Сеянцы ели Шренка, выращиваемые в открытом грунте при интродукции в Нижегородскую область, проявили внутривидовую индивидуальную изменчивость по всем анализируемым характеристикам их надземной части, количественные значения которых соответствуют установленным для данной древесной породы требованиям к темпам онтогенетического развития.

2. Достигнутый уровень роста и развития надземной части сеянцев ели Шренка в открытом грунте питомника свидетельствует о достаточном для семенного размножения ресурсе природных условий региона и о существенном потенциале её интродукции в Нижегородскую область.

Библиографический список

Базилевская Н.А. Теория и методы интродукции растений. М.: Изд-во МГУ, 1964. 131 с.

Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Есичев А.О. Оценка физиологического состояния представителей рода лиственница (*Larix Mill.*) в условиях Нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 1. С. 9–17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9

Бессчетнова М.В. Адаптационные процессы с позиции интродукции растений // Бюллетень Главного ботанического сада. 1983. Вып. 128. С. 1–6.

Бессчетнова М.В. Некоторые генетические аспекты теории интродукции растений // Бюллетень Главного ботанического сада. 1971. Вып. 82. С. 3–7.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Изменчивость морфометрических признаков хвой на клоновой плантации плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017а. Т. 21, № 2. С. 198–206. DOI: 10.18699/VJ17.237

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Еришов П.В. Генотипическая обусловленность пигментного состава хвой плюсовых деревьев ели европейской // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 1. С. 63–76. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Мишукова И.В. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (*Picea A. Dietr.*) в условиях интродукции // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017б. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Широков А.И. Корреляция содержания крахмала в тканях побегов представителей рода ель (*Picea A. Dietr.*) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (49). С. 19–22. DOI: 10.12737/article_5b34ff5f201623.29401443

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Щербаков А.Ю. Пигментный состав хвой ели европейской (*Picea abies*) в географических культурах // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. XXXIX, № 3. С. 161–166.

Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В. Содержание запасных питательных веществ в клетках тканей годичных побегов представителей рода ель (*Picea L.*) в условиях Нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 6. С. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52

Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 125 с.

Быков Б.А. Доминанты растительного покрова Советского Союза. В 3 т: Т. 1. Алма-Ата: Изд-во Акад. наук КазССР, 1960. 315 с.

Быков Б.А. Еловые леса Тянь-Шаня, их история, особенности и типология. Алма-Ата: Изд-во Акад. наук КазССР, 1950. 128 с.

Быков Б.А. Еловые леса Тянь-Шаня. Алма-Ата: Наука Каз. ССР, 1985. 284 с.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Альянс, 2012. 351 с.

Дроздов И. И. Хвойные интродуценты в лесных культурах. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 1998а. 135 с. ISBN 5-10-002094-6.

Дроздов И.И. Интродукция ценного лесообразователя // Лесной вестник / Forestry bulletin (Вестник Московского государственного университета леса). 1998б. № 3. С. 99–104.

Дроздов И.И. Проблема лесной интродукции хвойных видов // Научные труды Московского лесотехнического института МЛТИ, 1990. Вып. 234. С. 76–78.

Дроздов И.И. Хвойные экзоты в лесном хозяйстве // Хвойные породы в лесном хозяйстве: Итоги науки и техники. Сер. Лесоведение и лесоводство / под ред. Н.Н. Свалова. М.: ВИНТИ, 1989. № 5. С. 92–150.

Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Культуры сосны скрученной в решении сырьевой проблемы балансовой древесины // Лесной вестник // Forestry bulletin (Вестник Московского государственного университета леса). 2005. № 5. С. 83–84.

Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Лесная интродукция. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2000. 135 с.

Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кентбаев Е.Ж., Кентбаева Б.А. Внутривидовая изменчивость состояния ксилемы побегов лиственницы сибирской при интродукции в Нижегородскую область // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 3 (51). С. 28–40. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.28

Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб: НИИЛХ, 2000. 294 с. ISSN 0130-8726.

Келгенбаев Н.С., Бессчетнов В.П., Мамбетов Б.Т. Результаты лесовосстановительных работ в урочище Медеу после стихийного бедствия // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016а. № 1 (39). С. 27–29.

Келгенбаев Н.С., Бессчетнов В.П., Мамбетов Б.Т., Букейханов А.Н. Распределение ельников на пробных площадях по классам жизнестойчивости // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016б. № 2 (58), ч. 2. С. 137–140.

Кентбаева Б.А., Бессчетнов В.П., Әкімбаева Б.А. Іле Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің Шренк шыршасы орман екпелерінің жағдайы және желден зардап шеккен учаскелердегі орманды қалпына келтіру жұмыстары // Ізденістер, нәтижелер – Исследование, результаты. 2020. №4(88). С. 145–152. ISSN 2304-3334.

Кентбаева Б.А., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кентбаев Е.Ж. Сравнительная оценка зимней транспирации хвойных видов г. Алма-Ата // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4 (32). С. 32–40.

Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Зубенкова Э.С., Калинина М.В., Бирюков А.П., Ласточкина Е.М., Молодцова Д.В., Вайнсон А.А. Сила связи. Сообщение 2. Градации величины корреляции // Медицинская радиология и радиационная безопасность: Радиационная биология. 2019. Т. 64, № 6. С. 12–24. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Многопараметрическая оценка таксономической близости видов ели (*Picea A. Dietr.*) по пигментному составу хвои // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018а. № 1(37). С. 5–18.

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Многопараметрический анализ в оценке видоспецифичности представителей рода ель (*Picea*) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018б. № 6. С. 23–38.

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Сезонные изменения пигментного состава хвои представителей рода ель в Нижегородской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 235. С. 22–39. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.22-39

Лапин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 224 с.

Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Наука, 1973. С. 7–67.

Мамаев С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости // Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений: тр. Ин-та экологии растений и животных. Свердловск, 1969. С. 3–38.

Мамбетов, Б.Т., Келгенбаев Н.С., Майсунова Б.Д., Досманбетов Д.А., Дукенов Ж.С. К методике оценки естественного возобновления ели Шренка в условиях горных лесов Северного Тянь-Шаня // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 4. С. 63–69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.63.

Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 272 с.

Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесной растительности флоры СССР. М.: Наука, 1988. 264 с.

Проскуряков М.А. Горизонтальная структура горных темнохвойных лесов. Алма-Ата: Наука КазССР, 1983. 215 с.

Семериков Л.Ф. Оценка стабилизирующего отбора в популяциях дуба // Экология. 1974. № 5. С. 5–10.

Улитин М.М., Бессчетнов В.П. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (*Larix Sibirica*) при интродукции в нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 6. С. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41

Bruce D., Reineke L.H. Correlation alignment charts in forest research. A method of solving problems in curvilinear multiple correlation. USA Department of Agriculture, Washington. Technical Bulletin № 210. February 1931. 88 p. URL: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT86200204/PDF>

Chaddock R.E. Principles and methods of statistics. Boston, New York: Houghton Mifflin Company. 1925. 471 p. URL: https://openlibrary.org/works/OL7141582W/Principles_and_methods_of_statistics

Dean A., Voss D., Draguljić D. Design and Analysis of Experiments (Springer Texts in Statistics) 2nd Edition, Kindle Edition. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH, 2017. 865 p.

Debreczy Z., Racz I. Conifers Around the World: 1-st ed. Published in two volumes, Vol. 1 The International Dendrological Foundation. Kathy Musial (ed.): DendroPress, 2012. 1089 p. ISBN 978-9632190617.

Farjon A. Schrenk's Spruce *Picea Schrenkiana* // The IUCN Red List of Threatened Species. – 2013: e.T42336A2973645. DOI: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42336A2973645.en>

Gutkowska J., Borys M., Tereba A., Tkaczyk M., Oszako T., Nowakowska J.A. Genetic variability and health of Norway spruce stands in the Regional Directorate of the State Forests in Krosno. Forest Research Papers. 2017. Vol. 78, Is. 1. P. 56–66. DOI: 10.1515/frp-2017-0006

Hinkelmann K., Kempthorne O. Design and Analysis of Experiments, Volume 1: Introduction to Experimental. 2nd edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2008. 631 p.

Hodgetts R.B., Aleksiak M.A., Brown A., Clarke C., Macdonald E., Nadeem S., Khasa D.P. Development of microsatellite markers for white spruce (*Picea glauca*) and related species. // Theoretical and Applied Genetics. 2001. Vol. 102, Is. 8. P. 1252–1258. DOI: 10.1007/s00122-001-0546-0

Mason R.L., Gunst R.F., Hess J.L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd. Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. 752 p.

Mead R., Curnow R. N., Hasted A.M. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology. 3rd ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2003. 488 p.

Noll F., Lyons C.K. A novel method for manually falling trees // The Forestry Chronicle. 2010. Vol. 86, No. 5. P. 608–613. DOI: 10.5558/tfc86608-5

Scotti I., Magni F., Paglia G., Morgante M. Trinucleotide microsatellites in Norway spruce (*Picea abies*): their features and the development of molecular markers. Theoretical and Applied Genetics. 2002. Vol. 106, Is. 1. Pp.40–50. DOI: 10.1007/s00122-002-0986-1

Srinagesh K. The Principles of Experimental Research. Waltham, Massachusetts (United States): Butterworth-Heinemann, 2005. 432 p.

Stojnić S., Avramidou E.V., Fussi B., Westergren M., Orlović S., Matović B., Trudić B., Kraigher H., Aravanopoulos F.A., Konnert M. Assessment of genetic diversity and population genetic structure of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) at its southern lineage in Europe. Implications for conservation of forest genetic resources. Forests. 2019. Vol. 10, Is. 3. Article number 258. P. 1–15. DOI: 10.3390/f10030258

Tóth E.G., Tremblay F., Housset J.M., Bergeron Y., Carcaillet C. Geographic isolation and climatic variability contribute to genetic differentiation in fragmented populations of the long-lived subalpine conifer *Pinus cembra* L. in the western Alps // BMC Evolutionary Biology. 2019. Vol. 19, iss. 1. Article number 190. P. 1–8. DOI: 10.1186/s12862-019-1510-4

Zar J.H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition. Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014. 756 p.

Reference

Bazilevskaya N.A. Theory and methods of plant introduction. Moscow: Publishing house of Moscow State University, 1964. 131 p. (In Russ.)

Besschenova N.N., Kulkova A.V. The content of reserve nutrients in tissue cells of annual shoots of representatives of the genus spruce (*Picea* L.) in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *Lesnoy zhurnal [Russian Forestry journal]*, 2019, no. 6, pp. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52. (In Russ.)

Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Esichev A.O. Physiological State Evaluation of Representatives of the Genus Larch (*Larix* Mill.) in the Nizhny Novgorod Region. *Lesnoy zhurnal [Russian Forestry journal]*, 2018, no. 1, pp. 9–17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9. (In Russ.)

Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Shcherbakov A.Y. Pigment composition of needles of Norway spruce (*Picea Abies*) in geographical cultures. *Conifers of the boreal area*, 2021, vol. XXXIX, no. 3, pp. 161–166. (In Russ.)

Besschetnova M.V. Adaptation processes from the standpoint of plant introduction. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1983a, iss. 128. pp. 1–6. (In Russ.)

Besschetnova M.V. Some genetic aspects of the theory of plant introduction. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1971, iss. 82. pp. 3–7. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Variability of morphometrical characteristics of needles at a clonal plantation of plus trees of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2017a, vol. 21(2), pp. 198–206. DOI: 10.18699/VJ17.237. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Ershov P.V. Genotypic Conditionality of Plus Tree Needle Pigment Composition of Norway Spruce. *Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]*, 2019, no. 1, pp. 63–76. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kulkova A.V., Mishukova I.V. Starch content in the tissues of shoots of different spruce species (*Picea* a. Dietr.) Under conditions of introduction. *Lesnoy zhurnal [Russian Forestry journal]*, 2017b, no. 4, pp. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kulkova A.V., Shirokov A.I. Correlation of starch content in shoot tissues of representatives of the genus spruce (*Picea* A. Dietr.). *Bulletin of Kazan State Agrarian University*, 2018, no. 2(49), pp. 19–22. DOI: 10.12737/article_5b34ff5f201623.29401443. (In Russ.)

Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Statistical processing of forestry research materials: Textbook. Saint Petersburg: Polytechnic University Publishing House, 2016. 125 p. (In Russ.)

Bruce D., Reineke L.H. Correlation alinement charts in forest research. A method of solving problems in curvilinear multiple correlation. USA Department of Agriculture, Washington. Technical Bulletin № 210. February 1931. 88 p. URL: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT86200204/PDF>

Bykov B.A. Dominants of the vegetation cover of the Soviet Union. Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1960, T.1. 315 p. (In Russ.)

Bykov B.A. Spruce forests of the Tien Shan, their history, features and typology. Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1950. 128 p. (In Russ.)

Bykov B.A. Spruce forests of the Tien Shan. Alma-Ata: Science of the Kazakh SSR, 1985. 284 p. (In Russ.)

Chaddock R.E. Principles and methods of statistics. Boston, New York: Houghton Mifflin Company, 1925. 471 p. URL: https://openlibrary.org/works/OL7141582W/Principles_and_methods_of_statistics

Dean A., Voss D., Draguljić D. Design and Analysis of Experiments (Springer Texts in Statistics) 2nd Edition, Kindle Edition. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH, 2017. 865 p.

Debreczy Z., Racz I. Conifers Around the World: 1-st ed. Published in two volumes, Vol. 1 The International Dendrological Foundation. Kathy Musial (ed.): DendroPress, 2012. 1089 p. ISBN 978-9632190617.

Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, expanded and revised. Moscow: Alliance, 2012. 351 p. (In Russ.)

Drozdov I.I. Coniferous exotics in forestry. *Coniferous species in forestry: Results of science and technology. Ser. Forestry and Forestry* / Edited by N.N. Svalov. VINITI, 1989, no. 5, pp. 92–150. (In Russ.)

Drozdov I.I. Coniferous introducents in forest cultures. Moscow: Publishing House of the Moscow State University of the Forest, 1998a. 135 p. ISBN 5-10-002094-6. (In Russ.)

Drozdov I.I. Introduction of a valuable forest educator. *Forest Bulletin / Forestry bulletin (Bulletin of the Moscow State University of Forests)*, 1998b., no. 3, pp. 99–104. (In Russ.)

Drozdov I.I. The problem of forest introduction of coniferous species. *Scientific works of the Moscow Forestry Institute MLTI*, 1990, iss. 234, pp. 76–78. (In Russ.)

Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. Cultures of twisted pine in solving the raw material problem of balance wood. *Forest Bulletin/Forestry bulletin (Bulletin of the Moscow State University of Forests)*, 2005, no. 5, pp. 83–84. (In Russ.)

Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. Forest introduction: Textbook for correspondence students of specialty 2604.00, graduate students and specialists of forestry and forest park management. Moscow: Publishing House of the Moscow State University of the Forest, 2000. 135 p. (In Russ.)

Esichev O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbaev E.Zh., Kentbaeva B.A. Intraspecific variability of the xylem state of Siberian larch shoots when introduction to the Nizhny Novgorod region. *Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management*, 2021, no. 3 (51), pp. 28–40. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.28. (In Russ.)

Farjon A. Schrenk's Spruce *Picea schrenkiana*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. 2013: e.T42336A2973645. DOI: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42336A2973645.en>

Gutkowska J., Borys M., Tereba A., Tkaczyk M., Oszako T., Nowakowska J.A. Genetic variability and health of Norway spruce stands in the Regional Directorate of the State Forests in Krosno. *Forest Research Papers*, 2017, vol. 78, iss. 1, pp. 56–66. DOI: 10.1515/frp-2017-0006

Hinkelmann K., Kempthorne O. Design and Analysis of Experiments, Volume 1: Introduction to Experimental. 2nd edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2008. 631 p.

Hodgetts R.B., Aleksiuik M.A., Brown A., Clarke C., Macdonald E., Nadeem S., Khasa D.P. Development of microsatellite markers for white spruce (*Picea glauca*) and related species. *Theoretical and Applied Genetics*, 2001, vol. 102, iss. 8, pp. 1252–1258. DOI: 10.1007/s00122-001-0546-0

Kelgenbaev N.S., Besschetnov V.P., Mambetov B.T. Results of reforestation work in the Medeu tract after a natural disaster. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*, 2016a, no. 1(39), pp. 27–29. (In Russ.)

Kelgenbayev N.S., Besschetnov V.P., Mambetov B.T., Bukeykhanov A.N. Distribution of spruce forests on test plots by vitality classes. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*, 2016b, no. 2 (58), part 2, pp. 137–140. (In Russ.)

Kentbaeva B.A., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbaev E.Zh. Comparative assessment of winter transportation coniferous species in Almaty. *Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*, 2021, no. 4 (32), pp. 32–40. (In Russ.)

Kentbayeva B.A., Besschetnov V.P., Oksikbaeva B.A. State of forest plantations of the Shrenk Spruce of the Ile-Alatau state National Natural Park and reforestation in areas affected by the wind. *Searches, results-research, results*, 2020, no. 4(88), pp. 145–152. ISSN 2304-3334. (In Russ.)

Koterov A.N., Ushenkova L.N., Zubenkova E.S., Kalinina M.V., Biryukov A.P., Lastochkina E.M., Molodtsova D.V., Wainson A.A. Strength of Association. Report 2. Graduations of Correlation Size. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2019, vol. 64, no. 6, pp. 12–24. Radiation Biology. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24. (In Russ.)

Kul'kova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Multiparametric assessment of the taxonomic affinity of Spruce species (*Picea* A. Dietr.) based on the pigment composition of needles. *Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management*, 2018a, no. 1(37), pp. 5–18. (In Russ.)

Kul'kova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Multivariate analysis in assessing species specificity of representatives of the genus spruce (*Picea*). *Lesnoy zhurnal [Russian Forestry journal]*, 2018b, no. 6, pp. 23–38. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.23. (In Russ.)

Kul'kova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Seasonal changes in the pigment composition of needles of the spruce genus in the Nizhny Novgorod region. *Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy*, 2021, iss. 235, pp. 22–39. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.22-39. (In Russ.)

Lapin P.I., Kalutskiy K.K., Kalutskaya O.N. Introduction of forest species. Moscow: Timber industry, 1979. 224 p. (In Russ.)

Lapin P.I., Sidneva S.V. Assessment of the prospects for the introduction of woody plants based on visual observation data. *Experience in the introduction of woody plants*. Moscow: Science, 1973, pp. 7–67. (In Russ.)

Mamaev S.A. On problems and methods of intraspecific systematics of woody plants. II. Amplitude of variability *Regularities of species formation and differentiation in woody plants: Proceedings of the Institute of Plant and Animal Ecology*. Sverdlovsk, 1969, pp. 3–38. (In Russ.)

Mambetov B.T., Kelgenbaev N.S., Maysupova B.D., Dosmanbetov D.A., Dukenov J.S. To the methodology for assessing the natural regeneration of Schrenk spruce in the mountain forests of the Northern Tien Shan. *Lesnoy zhurnal [Russian Forestry journal]*, 2018, no. 4, pp. 63–69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.63. (In Russ.)

Mason R.L., Gunst R. F., Hess J.L. *Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science*. 2nd. Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. 752 p.

Mead R., Curnow R.N., Hasted A.M. *Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology*. 3rd ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2003. 488 p.

Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Methods and techniques of processing forestry information*. Moscow: Forest Industry, 1978. 272 p. (In Russ.)

Noll F., Lyons C.K. A novel method for manually falling trees. *The Forestry Chronicle*, 2010, vol. 86, No. 5, pp. 608–613. DOI: 10.5558/tfc86608-5

Plotnikova L.S. *Scientific basis for the introduction and protection of woody vegetation of the flora of the USSR*. Moscow: Science, 1988. 264 p. (In Russ.)

Proskuryakov M.A. *Horizontal structure of mountain dark coniferous forests*. Alma-Ata: Science of the Kazakh SSR, 1983. 215 p. (In Russ.)

Scotti I., Magni F., Paglia G., Morgante M. Trinucleotide microsatellites in Norway spruce (*Picea abies*): their features and the development of molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 2002, vol. 106, iss. 1. pp. 40–50. DOI: 10.1007/s00122-002-0986-1

Semerikov L.F. Evaluation of stabilizing selection in oak populations. *Ecology*, 1974, no. 5, pp. 5–10. (In Russ.)

Srinagesh K. *The Principles of Experimental Research*. Waltham, Massachusetts (United States): Butterworth-Heinemann, 2005. 432 p.

Stojnić S., Avramidou E.V., Fussi B., Westergren M., Orlović S., Matović B., Trudić B., Kraigher H., Aravanopoulos F.A., Konnert M. Assessment of genetic diversity and population genetic structure of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) at its southern lineage in Europe. Implications for conservation of forest genetic resources. *Forests*, 2019, vol. 10, iss. 3. Article number 258, pp. 1–15. DOI: 10.3390/f10030258

Tóth E.G., Tremblay F., Housset J.M., Bergeron Y., Carcaillet C. Geographic isolation and climatic variability contribute to genetic differentiation in fragmented populations of the long-lived subalpine conifer *Pinus cembra* L. in the western Alps.

BMC Evolutionary Biology, 2019, vol. 19, iss. 1. Article number 190, pp. 1–8. DOI: 10.1186/s12862-019-1510-4

Ulitin M.M., Besschetnov V.P. Comparative Assessment of Valuation Indicators of Siberian Larch (*Larix sibirica*) Forest Plantations when Introduction into the Nizhny Novgorod Region. *Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]*, 2020, no. 6, pp. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41. (In Russ.)

Zar J.H. *Biostatistical Analysis: Fifth Edition*. Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014 756 p.

Zhigunov A.V. *Theory and practice of growing planting material with a closed root system*. St. Petersburg: St. Petersburg Forest Research Institute, 2000. 294 p. ISSN 0130-8726. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 17.01.2022

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кентбаева Б.А., Кентбаев Е.Ж., Мамонов Е.И., Запольнов В.Е. Рост сеянцев ели Шренка (*Picea schrenkiana*) в условиях интродукции в Нижегородскую область // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 238. С. 67–87. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.238.67-87

Изучали показатели роста сеянцев ели Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. & S.A. Meу.) в контейнерах в условиях открытого грунта при искусственном орошении. Цель исследования – установить эффективность и определить перспективы интродукции ели Шренка в Нижегородскую область. Объект исследования – четырехлетние сеянцы ели Шренка, полученные из нормальных семян естественных насаждений юго-востока Казахстана, центральной части Заилийского Алатау. Вектор интродукционного переноса составил 13°13'43" с. ш. –33°18'53" в. д.; перепад высот достиг 2664 м. Гипотеза о возможности интродукции ели Шренка в Нижегородское Поволжье базировалась на распространении в регионе естественных насаждений ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), которые в зоне трансгрессии ареалов образуют фертильные межвидовые гибриды, известные как ель финская (*Picea ×fennica* (Regel) Kom.). Обеспечены типичность, пригодность, целесообразность и надежность опыта, реализованы принципы единственного логического различия и рендомизированного назначения растений в выборку. Установлена дифференциация сеянцев по параметрам надземной части: по высоте $C_v = 26,91\%$ ($10,53 \pm 0,23$ см); по диаметру $C_v = 35,20\%$ ($2,52 \pm 0,07$ мм). Обнаружена корреляция характеристик надземной части сеянцев ели Шренка. Высота надземной части имела высокую по шкале Чеддока тесноту связи с количеством боковых ветвей на центральном побеге и суммарной длиной боковых ветвей в надземной части: $r \pm m_r = 0,705 \pm 0,057$

($tr = 12,38$) и $r_{\pm mr} = 0,728 \pm 0,055$ ($tr = 13,20$). Это описывается уравнениями регрессии: $y = 0,551x + 6,257$; ($R^2 = 0,49719$) и $y = 0,114x + 7,617$ ($R^2 = 0,5294$). Отмечено соответствие сеянцев требованиям к темпам онтогенетического развития данной древесной породы. Уровень роста и развития надземной части сеянцев ели Шренка в открытом грунте питомника свидетельствует о достаточном для семенного размножения ресурсе природных условий региона и о существенном потенциале её интродукции в Нижегородскую область.

Ключевые слова: ель Шренка, интродукция, сеянцы, рост, морфометрия, корреляция, регрессия.

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbayeva B.A., Kentbayev Y.Zh., Mamonov E.I., Zapolnov V.E. Growth of seedlings of Schrenk Spruce (*Picea schrenkiana*) in the conditions of introduction to the Nizhny Novgorod region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2022, iss. 238, pp. 67–87 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2022.238.67-87

The growth rates of seedlings of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey.) in containers in open ground conditions with artificial irrigation were studied. The purpose of the research is to establish the effectiveness and determine the prospects for the introduction of the Schrenk spruce into the Nizhny Novgorod region. The object of research is four-year-old seedlings of Schrenk spruce, obtained from normal seeds from natural plantings in the south-east of Kazakhstan in the central part of the Trans-Ili Alatau. The vector of introduction transfer was 13°13'43" north latitude and –33°18'53" east longitude; the height difference reached 2664 m. The hypothesis about the possibility of the introduction of Schrenk spruce into the Nizhny Novgorod Volga region was based on the distribution in the region of natural stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) and Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.), which in the area of transgression of habitats form fertile interspecific hybrids known as Finnish spruce (*Picea ×fennica* (Regel) Kom.). The typicality, suitability, expediency and reliability of the experiment are ensured, the principle of a single logical difference and a randomized assignment of plants to the sample is implemented. The differentiation of seedlings according to the parameters of the aboveground part was established: in height $C_v = 26.91\%$ (10.53 ± 0.23 cm); in diameter $C_v = 35.20\%$ (2.52 ± 0.07 mm). The correlation of the characteristics of the aboveground part of the seedlings of Schrenk spruce was found. The height of the aboveground part had a high closeness on the Cheddock scale with the number of lateral branches on the central shoot and the total length of the lateral branches in the aboveground part: $r_{\pm mr} = 0.705 \pm 0.057$ ($tr = 12.38$) and $r_{\pm mr} = 0.728 \pm 0.055$ ($tr = 13.20$). This is described by regression equations: $y = 0.551x + 6.257$; ($R^2 = 0.49719$) and $y = 0.114x + 7.617$ ($R^2 = 0.5294$). The compliance of seedlings with the requirements for the rates of ontogenetic development of this tree species was noted. The level of growth and development of the aboveground part of the Schrenk spruce seedlings in the open ground of the nursery indicates a

sufficient resource for seed propagation of the natural conditions of the region and a significant potential for its introduction to the Nizhny Novgorod region.

Key words: Schrenk spruce, introduction, seedlings, growth, morphometry, correlation, regression

БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна – декан факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, доктор сельскохозяйственных наук, доцент. ResearcherID (WoS): H-1343-2019, ORCID 0000-0002-7140-8797; SPIN-код: 6214-7263.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: besschetnova1966@mail.ru

BESSHETNOVA Natalya N. – Dean of the Faculty of Forestry of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, DSc (Agriculture), Associate Professor, ResearcherID (WoS): H-1343-2019, ORCID 0000-0002-7140-8797; SPIN-code: 6214-7263.

603107. Gagarin av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: besschetnova1966@mail.ru

БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович – заведующий кафедрой лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, доктор биологических наук, профессор. ResearcherID (WoS): S-5889-2016, ORCID: 0000-0001-5024-7464, SPIN-код: 2031-5241.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: lesfak@mail.ru

BESSHETNOV Vladimir P. – Head of the Department of Forest Plantations of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, DSc (Biology), Professor. ResearcherID (WoS): S-5889-2016, ORCID: 0000-0001-5024-7464, SPIN-code: 2031-5241.

603107. Gagarin av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: lesfak@mail.ru

КЕНТБАЕВА Ботагоз Айдарбековна – профессор кафедры лесных ресурсов и охотоведения Казахского национального аграрного исследовательского университета, доктор биологических наук, профессор. Researcher ID (WoS): G-7677-2019, ORCID: 0000-0003-0969-9754, uadiart#14.

050010, пр. Абая, д. 8, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: kentbayeva@mail.ru

KENTBAYEVA Botagoz A. – Professor of the Department of Forest Resources and Hunting Management of Kazakh National Agrarian Research University, DSc (Biology), Professor. Researcher ID (WoS): G-7677-2019, ORCID: 0000-0003-0969-9754, uadiart#14.

050010. Abay av. 8. Almaty. Republic of Kazakhstan. E-mail: kentbayeva@mail.ru

КЕНТБАЕВ Ержан Жунусович – профессор кафедры лесных ресурсов и охотоведения Казахского национального аграрного исследовательского университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Researcher ID (WoS): G-7677-2019, ORCID: 0000-0002-3308-1287, badiart#17.

050010, пр. Абая, д. 8, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: yerzhan.kentbayev@kaznau.kz

KENTBAYEV Yerzhan Zh. – Professor of the Department of Forest Resources and Hunting Management of Kazakh National Agrarian Research University, DSc (Agriculture), Professor. Researcher ID (WoS): G-7677-2019, ORCID: 0000-0002-3308-1287, badiart#17.

050010. Abay av. 8. Almaty. Republic of Kazakhstan. E-mail: yerzhan.kentbayev@kaznau.kz

МАМОНОВ Евгений Иванович – студент факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: zmamonov@list.ru.

MAMONOV Evgeny I. – student of the Faculty of Forestry of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy.

603107. Gagarin av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: zmamonov@list.ru

ЗАПОЛЬНОВ Вадим Евгеньевич – студент факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: zapolnov.vadim2002@mail.ru

ZAPOLNOV Vadim E. – student of the Faculty of Forestry of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy.

603107. Gagarin av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: zapolnov.vadim2002@mail.ru