

УДК 630.232.11+582.475
DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.07

Семеношение сосны скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats) в Архангельской области

Н. А. Демидова – Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, заместитель директора по научной работе, кандидат биологических наук, Архангельск, Российская Федерация, natalia.demidova@sevniilh-arh.ru

Т. М. Дуркина – Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, научный сотрудник, Архангельск, Российская Федерация, forestry@sevniilh-arh.ru

Л. Г. Гоголева – Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, научный сотрудник, Архангельск, Российская Федерация, forestry@sevniilh-arh.ru

Приведены результаты изучения семеношения сосны скрученной широкохвойной в условиях интродукции. Установлено, что размеры шишек интродуцированной сосны скрученной сопоставимы с размерами шишек сосны, произрастающей в ареале вида. Линейные размеры шишек сосны скрученной в условиях интродукции отличаются меньшим уровнем изменчивости по сравнению с массой, а ее семена характеризуются низким качеством.

Ключевые слова: интродукция, сосна скрученная широкохвойная, стробилы, семена, шишки, изменчивость, биометрические показатели, всхожесть.

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.07>
Демидова, Н. А. Семеношение сосны скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats) в Архангельской области [Электронный ресурс] / Н. А. Демидова, Т. М. Дуркина, Л. Г. Гоголева // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 2. – С. 65–77. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Введение

Сосна скрученная широкохвойная (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats) – достаточно известная и широко распространенная древесная порода Северной Америки. Она относится к быстрорастущим породам, поэтому ее используют для плантационного выращивания во многих странах мира, в основном с целью получения целлюлозы [1].

Сосна скрученная – однодомная, ветроопыляемая порода. Репродуктивный цикл ее такой же, как и у всех сосен, и составляет около 26 мес. от инициализации пыльцевых и семенных почек до созревания шишек и семян [2]. Женские соцветия (мегастробилы) собраны в небольшие овальные шишечки от 10 до 12 мм длиной, красновато-фиолетового цвета, чаще всего расположены в мутовках (по 2–5 шт. в каждой) на концах ветвей в верхней части кроны. Мужские соцветия (микростробилы) собраны в своеобразные «колоски» от 8 до 14 мм длиной, цвет от бледно-желтого до желтовато-оранжевого, встречаются на боковых ветвях в нижней части кроны [3]. Нередко на отдельных деревьях преобладают мужские или женские стробилы. Важными механизмами предотвращения самооплодотворения у сосны скрученной широкохвойной являются разделение мужских и женских цветков в пределах кроны, разные сроки разлета пыльцы и восприимчивости мегастробиллов на одном и том же дереве [3].

Сосна скрученная широкохвойная начинает плодоносить в возрасте 5–10 лет, в зависимости от густоты насаждения [2, 4]. Интервал семеношения – 1–3 года. В естественных условиях произрастания длина шишек изменяется от 2 до 6 см, ширина – от 2 до 3 см [5], длина семян – 4–5 мм, а с крылаткой – 8–16 мм [6].

В женских шишках находится около 100 семенных чешуй, из которых около 80 % стерильно. Фертильные чешуи расположены в средней части шишки. Снижение качества семян может произойти на любом этапе репродуктивного цикла сосны скрученной, но наиболее уязвимым этапом является процесс опыления. В этот пери-

од на разлет пыльцы сильно влияют влажность воздуха и температура окружающей среды (поздние-весенние заморозки) [2].

Обычно семеношение обильное, но из-за высокой смолистости шишек большинство семян остается на деревьях и сохраняется до 15, а иногда и до 30 лет. Это способствует интенсивному послепожарному лесовозобновлению, когда под воздействием огня смолистая связь ослабевает, шишки раскрываются и семена высыплются [3, 7–9]. В одном насаждении встречаются смолистые (закрытые) и не смолистые шишки. Размер, форма и смолистость шишки варьируются как внутри, так и между популяциями сосны скрученной [10]. Так, А. Х. Тейч [11] выдвинул гипотезу, что смолистость шишек контролируется особым геном. Многие авторы отмечают, что смолистые шишки чаще встречаются в более взрослых насаждениях (старше 15–30 лет) [12, 13].

В одной шишке может находиться до 5 полнозернистых семян, но при хорошем опылении, а также при отсутствии самоопыления, вредителей и болезней, число семян может достигать до 30 шт. [2, 14]. Семена сосны скрученной являются самыми мелкими по сравнению с семенами других видов сосен, кроме сосны Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.). Д. Е. Лотан и Д. А. Перри [15] приводят данные о том, что число чистых семян *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats в 1 кг достигает 207 тыс. шт. Несмотря на то что семена сосны скрученной очень мелкие, они относительно тяжелые, поэтому могут распространяться только на небольшие расстояния. В безветренную погоду семена падают со скоростью около 0,8 м/с, и большинство из них разлетается на расстояние 50–90 м от дерева [2].

Полноценное семеношение сосны скрученной в условиях интродукции обеспечивается нормальным развитием репродуктивных органов и достижением размеров шишек, характерных для ареала вида. Масса 1 тыс. семян сосны скрученной в Ленинградской обл. составляет 2,85–4,44 г [16], Архангельске – 2,8–3,4 г [17], Вологодской обл. – 2,73 г [18], а в Новой Зеландии – около 5 г [19]. Условия местопроизраста-

ния оказывают большое влияние на массу семян. Так, в Архангельской обл. в черничном типе леса масса 1 тыс. семян насчитывает 3,2 г, а в лишайниковом – 1,8 г [20]. Жизнеспособность семян сильно варьируется по годам, но не уменьшается с возрастом шишек [3].

Лабораторная всхожесть семян сосны скрученной составляет 65–90 %. Высокую грунтовую всхожесть семян сосны скрученной канадского происхождения в тепличных условиях в Архангельске (82–90 %) отмечал Б. Л. Стафеев [17], в Западной Сибири (69–79 %) – В. В. Тараканов и др. [21].

Цель, объекты и методика исследований

Цель исследования – изучение качества семеношения сосны скрученной в условиях интродукции. Актуальность исследований обусловлена практической востребованностью семян местной репродукции сосны скрученной для плантационного выращивания.

Объектом исследования служили шишки и семена, собранные на экспериментальных плантациях в Архангельске и области (дендрологический сад г. Архангельска), а также семена канадского происхождения.

Изучение биометрических параметров (масса, длина и ширина) осуществлялось на шишках, собранных в 1991–2016 гг. Всего изучен 3 331 образец с участков на территории дендрологического сада г. Архангельска (64°29' с. ш. 40°46' в. д.). Анализировали только здоровые и зрелые шишки.

Линейные показатели измеряли с точностью до 0,1 см. Массу шишек определяли на весах ViBRA АЛН-420СЕ с точностью до 0,01 г.

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel с учетом общепринятых методик [22]. Для каждого параметра вычисляли предельные значения (min, max), среднее арифметическое (M), стандартное квадратическое отклонение (δ), ошибку среднего (m), точность опыта (P, %).

Для оценки степени варьирования количественных признаков использовали величины коэф-

фициента вариации (C, %), предложенные С. А. Мамаевым [23]. Уровень изменчивости принимается как очень низкий C = 7 %, низкий C = 8–12 %, средний C = 13–20 %, повышенный C = 21–30 %, высокий C = 31–40 %, очень высокий C = 40 %. Коэффициент вариации дает объективное представление об амплитуде изменчивости параметров.

Посевные качества семян определяли по стандартной методике на лесосеменной станции Архангельского филиала «Рослесозащита».

Результаты и обсуждение

Изучение качества семян интродуцентов лесопромышленного назначения представляет большой интерес в связи с оценкой перспективности их дальнейшего использования. При семенном размножении интродуцентов наиболее эффективно проявляются их адаптационные способности.

В 1991 г. получены семена сосны скрученной северного (Юкон) и южного (Британская Колумбия) происхождений из 31 географического пункта северной части Канады. Они представляли практически весь ареал этой породы. Семена были любезно представлены д-м Л. Вильгельмссоном (L. Wilhelmsson) из Шведского института лесной генетики (г. Упсала, Швеция), г-ном И. Фистро (I. Fystro) из Норвежской государственной семенной испытательной станции (г. Хамар, Норвегия) и г-ном П. Хеллениуса (P. Hellenius) из предприятия «Силва Лтд.» (г. Принс Джорж, Канада) (табл. 1).

Масса 1 тыс. семян образца № 77–91 из Юкона, Тангстен, оказалась наименьшей (2,6 г), а семян образца № 93–91 из Британской Колумбии, Форт Нельсон, – наибольшей (3,77 г). По исследованиям Б. Л. Стафеева [17], масса 1 тыс. семян сосны скрученной меньше аналогичного показателя сосны обыкновенной в среднем на 30–40 %. Лабораторная всхожесть семян северного (Юкон, Канада) происхождения была высокой и варьировалась от 88 до 95 %. Из полученных в 1991 г. семян сосны скрученной был выращен по-

Таблица 1. Происхождение семян сосны скрученной в Канаде

№ п/п	№ РЕГИСТРАЦИОННЫЙ	ПРОИСХОЖДЕНИЕ				МАССА 1000 СЕМЯН, Г
		МЕСТО СБОРА СЕМЯН	КООРДИНАТЫ		ВЫСОТА, М НАД УР. МОРЯ	
			СЕВЕРНАЯ ШИРОТА	ЗАПАДНАЯ ДОЛГОТА		
1	69-91	Британская Колумбия (БК), Маккензи (British Columbia (BC), Mackenzie)	55°07'-55°37'	122°55'-123°25'	700-800	2,78
2	73-91	БК, Хадсон Хоуп (BC, Hudson Hope)	55°55'-56°10'	121°35'-122°05'	500-800	3,30
3	58-91	БК, Халфвэй Ривер (BC, Halfway River)	56°25'-56°40'	122°00'-122°30'	850-950	3,50
4	75-91	БК, Воновон (BC, Wonowon)	56°32'-56°40'	121°20'-121°46'	750-900	3,42
5	64-91	БК, Биттон Ривер (BC, Beatton River)	56°45'-56°55'	121°15'-121°30'	750-850	3,42
6	70-91	БК, Бьюик Крик (BC, Buick Creek)	56°45'-57°00'	121°15'-121°45'	750-950	3,31
7	76-91	БК, Пинк Маунтин (BC, Pink Mountain)	56°58'-57°15'	122°15'-122°45'	850-1100	3,38
8	93-91	БК, Форт Нелсон (BC, Fort Nelson)	58°50'	123°45'	700	3,77
9	62-91	БК, Форт Нелсон (BC, Fort Nelson)	58°50'-58°58'	122°40'-122°52'	500-650	3,11
10	59-91	БК, Кассияр (BC, Cassiar)	58°50'-59°20'	129°00'-129°50'	820-960	2,82
11	74-91	БК, Диис Лэйк (BC, Dease Lake)	58°00'-58°30'	129°50'-130°20'	800-950	2,82
12	66-91	БК, Бойя Лэйк (BC, Boya Lake)	59°20'-59°50'	129°00'-129°30'	850-1000	3,00
13	72-91	БК, Фрэнсиз Лэйк (BC, Frances Lake)	60°56'-61°20'	129°15'-129°38'	880-1060	2,82
14	68-91	Юкон, Вотсон Лэйк (Yukon, Watson Lake)	60°00'-60°15'	129°00'-129°30'	670-823	3,08
15	94-91	Юкон, Вотсон Лэйк (Yukon, Watson Lake)	60°00'-60°15'	128°30'-129°01'	650-800	2,94
16	60-91	Юкон, Вотсон Лэйк (Yukon, Watson Lake)	60°00'-60°15'	128°30'-129°00'	650-800	3,00
17	61-91	Юкон, Тарфу Крик (Yukon, Tarfu Creek)	60°05'-60°07'	133°50'-133°55'	750-850	3,06
18	67-91	Юкон, Тэгиш (Yukon, Tagish)	60°08'-60°17'	134°21'-134°33'	700-900	2,97
19	92-91	Юкон, Тэгиш (Yukon, Tagish)	60°09'-60°19'	134°15'-134°25'	800-850	3,08
20	65-91	Юкон, Скунга Лэйк (Yukon, Squnga Lake)	60°25'-60°35'	133°40'-133°50'	732-853	2,86
21	95-91	Юкон, Лэйк Лэберж (Yukon, Lake Laberge)	60°38'-60°55'	134°54'-135°11'	650-800	2,93
22	91-91	Юкон, Своан Лэйк (Yukon, Swan Lake)	60°38'-60°55'	134°54'-135°11'	650-800	2,82
23	63-91	Юкон, Своан Лэйк (Yukon, Swan Lake)	60°38'-60°58'	134°55'-135°11'	650-800	2,98
24	71-91	Юкон, Тэккини (Yukon, Takkini)	60°47'-60°53'	135°12'-135°23'	670-885	2,97
25	96-91	Юкон, Тангстен (Yukon, Tungsten)	60°55'-61°00'	128°35'-129°05'	940-1200	2,69
26	77-91	Юкон, Тангстен (Yukon, Tungsten)	60°55'-61°00'	128°35'-129°05'	940-1200	2,60
27	90-91	Юкон, Литтл Самэн (Yukon, Little Salmon)	62°02'-62°05'	135°33'-135°39'	550-650	2,76
28	97-91	Юкон, Джэкфиш Лэйк (Yukon, Jackfish Lake)	63°02'-63°08'	136°20'-136°30'	550-770	2,90
29	88-91	Юкон, Джэкфиш Лэйк (Yukon, Jackfish Lake)	63°03'-63°08'	136°20'-136°30'	550-770	2,93
30	98-91	Юкон, Этэль Лэйк (Yukon, Ethel Lake)	63°15'-63°20'	136°23'-136°28'	760-900	2,88
31	89-91	Юкон, Расти Крик (Yukon, Rusty Creek)	63° 28'-63°30'	136°25'-136°33'	760-900	2,97

садовый материал для закладки плантаций в Республике Коми и Вологодской обл.

Наибольший интерес для нас представляли семена из районов самого северного происхождения (Юкон, Расти Крик и Этэль Лэйк 63°15'–63°30' с.ш.), где сосна скрученная растет в условиях вечной мерзлоты на северном пределе распространения лесных пород. Исследования,

проведенные М. Ханнерсом и др. в Швеции, показали, что сосны скрученные, выращенные из семян северного происхождения (Юкон) и южного орозонового (высотного) происхождения (Британская Колумбия) характеризуются пониженной скоростью роста и низким баллом обилия цветения как мужских, так и женских стробилов [24].

В условиях Архангельской обл. сосна скрученная плодоносит ежегодно, и для нее, как и для сосны обыкновенной, характерна периодичность обильных семенных лет. Многолетние наблюдения за цветением сосны скрученной в условиях Архангельска (дендрологический сад) проводились нами на плантациях, заложенных в 1980-е гг. 2-летними сеянцами из семян северного (Юкон) и южного (Британская Колумбия) происхождения. Отмечено, что независимо от происхождения цветение происходит одновременно и по продолжительности составляет 15–16 сут. Средний балл обилия цветения микростробилов составил 3,0–3,6.

В 1991–1992 гг. на опытных участках (ПХИ 83, ПХИ 84, ПХИ 85, ПХИ 2-85)*, заложенных в разных условиях произрастания, изучали семеношение сосны скрученной (табл. 2). В 1992 г. наблюдалось снижение урожая шишек по сравнению с предыдущим годом: 39,5 кг шишек против 120,2 кг. При этом во всех условиях произрастания на плантациях уменьшилось количество семеносящих деревьев и средняя масса шишек. Наибольшее снижение средней массы шишек (в

1,8 раза) наблюдалось в условиях лишайникового типа леса.

Лабораторные исследования семян сосны скрученной урожая 1995 г., собранных на опытных плантациях, показали их низкое качество. Доля нераскрывшихся (поздних) шишек составила около половины их общего числа и была максимальной на участке надпойменной террасы – 56,4 % (табл. 3).

Выход семян из раскрывшихся шишек варьировался от 0,18 (осушенное сфагновое болото) до 0,48 % (черничник) относительно их общей массы. У поздних шишек этот показатель равен соответственно 0,21 и 0,62 %. Доля полнозернистых семян была наименьшей на участке сосняка лишайникового: 17,6 % у поздних и 18,2 % у раскрывшихся шишек.

Наиболее крупные семена отмечены на участке надпойменной террасы, особенно в условиях черничного типа леса (масса 1 тыс. шт. – около 4 г).

Абсолютная всхожесть семян из раскрывшихся шишек изменялась от 42 до 77 %, а семян, извлеченных из поздних шишек с помощью их

Таблица 2. Семеношение сосны скрученной в возрасте 10–13 лет

Показатели	Опытные участки			
	ПХИ 83	ПХИ 84	ПХИ 85	ПХИ 2-85
Условия произрастания	Осушенное болото	Черничный тип леса, суглинок	Надпойменная терраса, залежь, суглинок	Лишайниковый тип леса, песок
Происхождение семян	Канада, Британская Колумбия, Wopowon, 56°45' с.ш.		Канада, Юкон, Rusty Creek, 63°28' с.ш.	
Площадь участка, га	1,12	0,48	0,05	1,24
Число растущих деревьев, шт.	1 672	646	129	1 567
1991 г. / 1992 г.				
Число семеносящих деревьев:				
шт.	460/289	326/119	88/57	880/626
%	27,4/17,3	49,8/18,4	68,2/44,2	68,1/39,9
Урожай шишек:				
шт.	3 404/1 008	7 383/832	725/291	4 300/4 693
кг	29,7/6,31	48,0/7,90	6,5/2,69	36,0/22,64
Средняя масса одной шишки, г	8,9±0,3/6,26	11,0±0,4/9,50	9,3±0,4/9,24	8,8±0,3/4,82

* ПХИ – плантация хвойных интродуцентов; 83, 84, 85, 2-85 – год закладки плантации

Таблица 3. Выход семян из шишек сосны скрученной и их характеристика

Показатели	Опытные участки			
	ПХИ 83	ПХИ 84	ПХИ 85	ПХИ 2-85
Условия произрастания	Осушенное болото	Черничный тип леса, суглинок	Надпойменная терраса, залежь, суглинок	Лишайниковый тип леса, песок
Происхождение семян	Канада, Британская Колумбия, Wopowon, 56°45' с.ш.		Канада, Юкон, Rusty Creek, 63°28' с.ш.	
Площадь участка, га	1,12	0,48	0,05	1,24
Урожай шишек, всего:				
кг	4,89	5,24	1,85	16,47
шт.	1008	832	291	4693
в том числе нераскрывшихся:				
кг	2,21	2,37	1,06	4,52
шт.	454	381	164	1370
%	45,0	45,8	56,4	41,4
<i>Семена из раскрывшихся шишек / семена из нераскрывшихся (поздних) шишек</i>				
Общая масса, г	4,84/5,01	13,83/13,68	2,74/7,73	34,26/10,88
Выход семян, % массы шишек	0,18/0,23	0,48/0,58	0,35/0,73	0,29/0,24
Масса 1000 семян после очистки, г	1,017/-	1,279/-	2,122/-	0,866/-
Масса полнозернистых семян (после флотации), г	1,69/2,01	5,35/7,66	1,52/1,90	6,22/1,92
Доля, % общего количества семян	34,9/40,1	38,7/56,0	55,5/24,6	18,2/17,6
Масса 1000 полнозернистых семян, г	3,318/3,473	4,142/4,064	4,125/3,956	2,776/2,872
Доброкачественность, %	85/43	60/75	54/49	83/80
Абс. всхожесть, %	71/7	42/23	49/5	77/3
Энергия прорастания, %	31/1	5/12	35/2	33/0
Среднее число семядолей, шт.	3,8/4,0	3,9/3,8	4,2/4,5	3,6/3,8

кратковременной обработки горячей (100 °С) водой, – от 3 до 23 %.

При изучении биометрических параметров шишек установлено, что размеры шишек сосны скрученной в условиях интродукции сопоставимы с размерами шишек деревьев, произрастающих в ареале вида (2–6 см в длину и 2–3 см в ширину [5]). Многолетние наблюдения показали, что в условиях Архангельска длина шишек изменялась от 2,1 до 6,5 см, ширина – от 1,6 до 3,9 см (табл. 4). Средние показатели: длина – от $4,2 \pm 0,04$ до $5,1 \pm 0,09$ см, ширина – от $2,2 \pm 0,03$ до $2,7 \pm 0,04$ см. Аналогичные средние линейные параметры шишек сосны скрученной отмечаются в условиях Ленинградской обл.: длина – 4,2–4,8 см, ширина – 2,3–2,8 см [16].

Оценку уровня изменчивости линейных параметров шишек проводили по шкале С. А. Мамаева [23]. Уровень изменчивости длины шишек сосны скрученной по годам колебался от низкого ($C_v = 8,2$ % в 2000 г.) до среднего ($C_v = 14,0$ % в 1994 г.), а ширины шишки оценивался как средний ($C_v = 11,7$ – $15,0$ %).

Среди рассматриваемых морфологических признаков наибольшей изменчивостью характеризуется масса шишки (табл. 5), которая, вероятно, сильно зависит от экологических и климатических условий произрастания.

Минимальные и максимальные значения массы одной шишки сосны скрученной варьируются от 2,8 г в 1995 г. до 28,1 г в 2000 г. Среднее значение массы колеблется от $6,1 \pm 0,8$ (1992 г.)

Таблица 4. Биометрические параметры шишек сосны скрученной местной репродукции

Год	Число шишек, шт.	РАЗМЕР ШИШЕК, СМ							
		ДЛИНА				ШИРИНА			
		$X \pm M_x$	MIN	MAX	$C_v, \%$	$X \pm M_x$	MIN	MAX	$C_v, \%$
1991	114	4,3 ± 0,05	3,0	5,5	12,1	2,4 ± 0,03	1,8	3,2	11,7
1992	300	4,2 ± 0,04	3,2	5,5	12,6	2,4 ± 0,03	1,9	3,9	15,0
1994	300	4,4 ± 0,05	2,8	6,3	14,0	2,4 ± 0,02	1,7	3,2	12,3
1995	750	4,5 ± 0,03	2,1	5,7	13,5	2,4 ± 0,02	1,7	3,2	12,2
1996	725	4,4 ± 0,03	2,9	6,4	13,5	2,5 ± 0,01	1,8	3,4	12,0
1997	100	5,1 ± 0,1	4,0	6,5	11,1	2,6 ± 0,05	1,9	3,3	11,9
1999	160	4,7 ± 0,0	3,3	5,9	12,0	2,5 ± 0,03	1,8	3,4	13,7
2000	92	5,0 ± 0,0	4,1	6,1	8,2	2,7 ± 0,04	1,9	3,4	14,0
2016	130	4,3 ± 0,0	2,8	5,8	12,5	2,2 ± 0,03	1,6	3,8	12,7

Таблица 5. Масса семян и шишек сосны скрученной местной репродукции

Год	МАССА 1 ТЫС. ПОЛНОЗЕРНИСТЫХ СЕМЯН, Г	Число семян в 1 г, шт.	Число шишек, шт.	МАССА 1 ШИШКИ, Г			
				$X \pm M_x$	MIN	MAX	$C_v, \%$
1991	3,8	263	114	9,7 ± 0,3	3,6	17,9	30,3
1992	3,8	263	300	6,1 ± 0,8	3,0	15,8	35,0
1994	3,3	303	300	8,9 ± 0,2	4,1	20,2	30,4
1995	3,5	285	750	11,4 ± 0,2	2,8	20,2	31,4
1996	2,8	357	725	9,9 ± 0,1	4,1	23,0	30,3
1997	3,4	294	100	14,5 ± 0,7	5,8	20,0	31,4
1999	4,4	227	160	12,2 ± 0,3	4,6	22,6	30,4
2000	3,9	256	92	14,7 ± 0,5	7,0	28,1	30,1
2016	3,9	256	130	8,7 ± 0,2	3,0	16,5	30,3

до 14,7±0,5 г (2000 г.), а, по данным Б. В. Раевского [25], в условиях Карелии на лесосеменной плантации – от 4,4 до 14,9 г.

За все годы наблюдений уровень изменчивости массы шишки колебался от повышенного ($C_v = 30,1 \%$ в 2000 г.) до высокого ($C_v = 35,0 \%$ в 1992 г.). Статистическая достоверность определена по первому уровню доверительной вероятности ($P = 0,95$).

Таким образом, линейные размеры шишек сосны скрученной в условиях интродукции отличаются меньшим уровнем изменчивости, чем их масса. Аналогичная закономерность отмечена у сосны кедровой сибирской, интродуцированной в Вологодской обл. [26].

Масса 1 тыс. семян сосны скрученной местной репродукции варьируется от 2,8 г (1996 г.) до 4,4 г (1999 г.) и зависит от климатических условий года (см. табл. 5). Средняя масса 1 тыс. семян составляет $3,6 \pm 0,2$ г ($C_v = 12,5 \%$ – средний уровень изменчивости), что соответствует данным, полученным в других районах исследований [16–18, 20].

По результатам многолетних исследований установлено, что энергия прорастания и всхожесть выше у семян наиболее северного (Канада, Юкон) происхождения. Низкая всхожесть отмечена у семян более южного происхождения (Канада, Британская Колумбия) – 15 %. Наши данные вступают в противоречие с результатами канадских ученых [27], которые обнаружи-

ли, что деревья сосны скрученной южного происхождения производят больше пыльцы и более качественные семена, чем деревья северного происхождения. В то же время наши результаты согласуются с исследованиями шведских ученых Д. Нильссона, Г. Эрикссона и Д. Рудина [28] в северной Швеции на широте 62°30', которые выявили, что в условиях интродукции деревья сосны скрученной северного и ороzonального происхождения цветут более обильно по сравнению с деревьями южного происхождения. Наилучшим цветением отличались растения сосны скрученной более северного происхождения в Канаде. По мнению Нильссона и др. [28], при выращивании в более холодных условиях Швеции соснам южного происхождения требуются более высокие температуры для начала цветения и оплодотворения, чем для деревьев северного происхождения.

Необходимо отметить, что в условиях интродукции в Архангельской обл. семена сосны скрученной местной репродукции отличаются низким качеством. Например, доля пустых семян в общем числе семян сосны, собранных в 2015 г., составила 25,9 %.

Изучение качества семян сосны скрученной в течение нескольких лет показывает, что число полнозернистых семян и их лабораторная всхожесть были невысокими. Вероятно, это связано с недостаточным количеством собственной пыльцы, а опыление пыльцой сосны обыкновенной произойти не может, так как между этими видами сосен существует полная репродуктивная изоляция [25]. Дефицит семян высокого качества можно решить только путем организации собст-

венной семенной базы сосны скрученной. Однако сделать окончательные выводы, с чем связано низкое качество семян сосны скрученной, пока не представляется возможным.

Выводы

Изучение качества семеношения сосны скрученной в условиях интродукции на Европейском Севере России (64°33' с. ш. 39°40' в. д.) показало следующее:

- ✓ размеры шишек сосны скрученной местной репродукции сопоставимы с размерами, характерными для ареала вида, что должно обеспечивать полноценное семеношение;
- ✓ сосна скрученная северного происхождения цветет более обильно по сравнению с сосной южного происхождения и производит более жизнеспособные семена;
- ✓ линейные размеры шишек сосны скрученной в условиях интродукции отличаются меньшим уровнем изменчивости, чем их масса. Повышенная изменчивость массы шишек объясняется, вероятно, большей зависимостью от экологических и климатических условий;
- ✓ семена местной репродукции отличаются низким качеством. Одна из причин, вероятнее всего, – недостаток собственной пыльцы. Для подтверждения данной гипотезы необходимы дальнейшие исследования по изучению качества семеношения сосны скрученной в условиях интродукции. Организация собственной семенной базы сосны скрученной позволит решить проблему дефицита семян.

Список использованной литературы

1. Рост и развитие сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S.Wats) в условиях северной тайги / Н. А. Демидова, Т. М. Дуркина, Л. Г. Гоголева, С. А. Демиденко, Ю. С. Быков, А. А. Парамонов // Тр. Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – СПбНИИЛХ, 2016. – № 2. – С. 45–59.
2. Owens, J. N. The reproductive biology of lodgepole pine / J. N. Owens // FGC extension note, 07. – British Columbia, 2006. – 66 p.
3. Lotan, J. E. Ecology and regeneration of lodgepole pine / J. E. Lotan, D. A. Perry // Agric. Handb. 606. Washington, DC : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1983. – 51 p.
4. Schopmeyer, C. S. Seeds of woody plants in the United States / C. S. Schopmeyer // Agriculture Handbook. Div. Timber Management Research. – № 450. – Washington, DC : USDA Forest Service, 1974 (Reprinted March 1989). – 883 p.
5. Intermountain flora: Vascular plants of the Intermountain West, U.S.A. / A. Cronquist, A. H. Holmgren, N. H. Holmgren, J. L. Reveal. – New York : Hafner Publishing Company, 1972. – V. 1. – 270 p.
6. Hellum, A. K. Seed production in serotinous cones of lodgepole pine / A. K. Hellum // Murray, Mayo, ed. Lodgepole pine: regeneration and management: Proceedings ; 4th international workshop; 1982 August 17–19; Hinton, AB. Gen. Tech. Rep. PNW-157. Portland, OR : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1983. – P. 23–27.
7. Cone production in young post-fire *Pinus contorta* stands in Greater Yellowstone (USA) / M. G. Turner, D. M. Turner, W. H. Romme, D. B. Tinker // Forest Ecology and Management. – 2007. – № 242. – P. 119–126.
8. Landscape scale heterogeneity in lodgepole pine serotiny / D. B. Tinker, W. H. Romme, W. H. Hargrove, R. H. Gardner, M. G. Turner // Canadian Journal Forest Research. – 1994. – № 24. – P. 897–903.
9. Hellum, A. K. Cone moisture content influences seed release in lodgepole pine / A. K. Hellum, N. A. Barker // Canadian Journal Forestry Research. – 1980. – № 10. – P. 239–244.
10. Wheeler, N. C. The distribution and botanical characteristics of lodgepole pine: biogeographical and management implications / N. C. Wheeler, W. B. Critchfield // Lodgepole pine: The species and its management: Symposium proceedings; 1984 May 8–10; Spokane, WA; 1984 May 14–16; Vancouver, BC. – Washington State University, Cooperative Extension, 1985. – P. 1–13.
11. Teich, A. H. Cone serotiny and inbreeding in natural populations of *Pinus banksiana* and *Pinus contorta* / A. H. Teich // Canadian Journal of Botany. – 1970. – № 48. – P. 1805–1809.
12. Koletto, D. Lodgepole pine cone collections / D. Koletto // Mountain pine beetle seed planning Bulletin. Min. For., Tree Improvement branch. – 2008. – № 5. – 12 p.
13. Muir, P. S. Disturbance history and serotiny in *Pinus contorta* in Western Monatanma / P. S. Muir, J. E. Lotan // Ecology. – 1985. – № 66. – P. 1658–1668.
14. Koch, P. Lodgepole pine in North America / P. Koch // Forest Products Society. – Madison, Wisconsin, 1996. – V. 1. – 343 p.
15. Lotan, J. E. Ecology and regeneration of lodgepole pine / J. E. Lotan, D. A. Perry. – Agric. Handb. Washington, DC : U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1983. – 51 p.
16. Интродукция сосны скрученной в условиях Ленинградской области / В. М. Алексеев, А. В. Жигунов, А. С. Бондаренко, Д. С. Бурцев // Лесн. журн. – 2014. – № 3. – С. 24–33.
17. Стафеев, Б. Л. Особенности выращивания сеянцев сосны скрученной в Архангельской области : матер. отчетной сессии по итогам НИР за 1989 год / Б. Л. Стафеев. – Архангельск, 1990. – С. 79–80.
18. Бабич, Н. А. Сосна скрученная – перспективный интродуцент для озеленения малых северных городов / Н. А. Бабич, М. М. Андропова // Лесн. журн. – 2014. – № 5. – С. 155–160.
19. Hunter, G. G. Spread of exotic conifers on South Island Rangelands / G. G. Hunter, M. H. Douglas // New Zealand Journal of Forestry. – 1984. – № 29. – P. 78–96.

20. Феклистов, П. А. Сравнительные эколого-биологические особенности сосны скрученной и обыкновенной в северной подзоне европейской тайги / П. А. Феклистов, С. Ю. Бирюков, А. Л. Федяев. – Архангельск : АГТУ, 2008. – 118 с.
21. Всхожесть семян и рост сеянцев североамериканского вида *Pinus contorta* Dougl. в Южной Сибири / В. В. Тараканов, А. Л. Федорков, Т. В. Кузьмина, А. Н. Авдоница // Растительный мир Северной Азии: проблемы изучения и сохранения биоразнообразия : матер. Всеросс. конф. (Новосибирск, 1–3 октября 2013 г.). – Новосибирск : ЦСБС СО РАН, 2013. – С. 133–135.
22. Зайцев, Г. Н. Математический анализ биологических данных / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1991. – 183 с.
23. Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С. А. Мамаев. – М. : Наука, 1972. – 284 с.
24. Inheritance of strobili production and genetic correlation with growth in lodgepole pine / M. Hanners, S. Aitken, T. Ericsson, C. C. Ying // *Forest Genetics*. – 2001. – № 8(4). – P. 323–329.
25. Раевский, Б. В. Селекция и семеноводство сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm.) на Северо-Западе таежной зоны России: дис. д-ра с.-х. наук : спец. 06.03.01 – лесные культуры, селекция, семеноводство / Б. В. Раевский. – Петрозаводск, 2015. – 322 с.
26. Хамитов, Р. С. Изменчивость биометрических параметров шишек кедра сибирского / Р. С. Хамитов, С. М. Хамитова // *Известия ОГАУ*. – 2013. – № 6 (44). – С. 22–25.
27. Ying, C. C. Cone production and seed yield of lodgepole pine grafts / C. C. Ying, J. C. Murphy, S. Andersen // *Forestry Chronicle*. – 1985. – № 61. – P. 223–228.
28. Nilsson, J.-E. Studies on flowering biology in 14 provenances of *Pinus contorta* in a Swedish field trial / J.-E. Nilsson, G. Eriksson, D. Rudin // *Pinus contorta as an exotic species*; ed. A. Person. – № 30. – Dept. of Forest Genetics, SLU, 1980. – P. 299–311.

References

1. Rost i razvitie sosny skruchennoj (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats) v usloviyah severnoj tajgi / N. A. Demidova, T. M. Durkina, L. G. Gogoleva, S. A. Demidenko, Yu. S. Bykov, A. A. Paramonov // *Tr. Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva*. – SPbNIILH, 2016. – № 2. – S. 45–59.
2. Owens, J. N. The reproductive biology of lodgepole pine / J. N. Owens // *FGC extension note, 07*. – British Columbia, 2006. – 66 p.
3. Lotan, J. E. Ecology and regeneration of lodgepole pine / J. E. Lotan, D. A. Perry // *Agric. Handb.* 606. Washington, DC : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1983. – 51 p.
4. Schopmeyer, C. S. Seeds of woody plants in the United States / C. S. Schopmeyer // *Agriculture Handbook. Div. Timber Management Research*. – № 450. – Washington, DC : USDA Forest Service, 1974 (Reprinted March 1989). – 883 p.
5. Intermountain flora: Vascular plants of the Intermountain West, U.S.A. / A. Cronquist, A. H. Holmgren, N. H. Holmgren, J. L. Reveal. – New York : Hafner Publishing Company, 1972. – V. 1. – 270 p.
6. Hellum, A. K. Seed production in serotinous cones of lodgepole pine / A. K. Hellum // *Murray, Mayo, ed. Lodgepole pine: regeneration and management: Proceedings ; 4th international workshop; 1982 August 17–19; Hinton, AB. Gen. Tech. Rep. PNW-157. Portland, OR : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1983. – R. 23–27.*
7. Cone production in young post-fire *Pinus contorta* stands in Greater Yellowstone (USA) / M. G. Turner, D. M. Turner, W. H. Romme, D. B. Tinker // *Forest Ecology and Management*. – 2007. – № 242. – R. 119–126.
8. Landscape scale heterogeneity in lodgepole pine serotiny / D. B. Tinker, W. H. Romme, W. H. Hargrove, R. H. Gardner, M. G. Turner // *Canadian Journal Forest Research*. – 1994. – № 24. – R. 897–903.

9. Hellum, A. K. Cone moisture content influences seed release in lodgepole pine / A. K. Hellum, N. A. Barker // Canadian Journal Forestry Research. – 1980. – № 10. – R. 239–244.
10. Wheeler, N. C. The distribution and botanical characteristics of lodgepole pine: biogeographical and management implications / N. C. Wheeler, W. B. Critchfield // Lodgepole pine: The species and its management: Symposium proceedings; 1984 May 8–10; Spokane, WA; 1984 May 14–16; Vancouver, BC. – Washington State University, Cooperative Extension, 1985. – R. 1–13.
11. Teich, A. H. Cone serotiny and inbreeding in natural populations of *Pinus banksiana* and *Pinus contorta* / A. H. Teich // Canadian Journal of Botany. – 1970. – № 48. – R. 1805–1809.
12. Koletto, D. Lodgepole pine cone collections / D. Koletto // Mountain pine beetle seed planning Bulletin. Min. For., Tree Improvement branch. – 2008. – № 5. – 12 p.
13. Muir, P. S. Disturbance history and serotiny in *Pinus contorta* in Western Monatanma / P. S. Muir, J. E. Lotan // Ecology. – 1985. – № 66. – R. 1658–1668.
14. Koch, P. Lodgepole pine in North America / P. Koch // Forest Products Society. – Madison, Wisconsin, 1996. – V. 1. – 343 p.
15. Lotan, J. E. Ecology and regeneration of lodgepole pine / J. E. Lotan, D. A. Perry. – Agric. Handb. Washington, DC : U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1983. – 51 p.
16. Introdukciya sosny skruchennoj v usloviyah Leningradskoj oblasti / V. M. Alekseev, A. V. Zhigunov, A. S. Bondarenko, D. S. Burcev // Lesn. zhurn. – 2014. – № 3. – S. 24–33.
17. Stafeev, B. L. Osobennosti vyrashchivaniya seyancev sosny skruchennoj v Arhangel'skoj oblasti : mater. otchetnoj sessii po itogam NIR za 1989 god / B. L. Stafeev. – Arhangel'sk, 1990. – S. 79–80.
18. Babich, N. A. Sosna skruченnaya – perspektivnyj introducent dlya ozeleneniya malyh severnyh gorodov / N. A. Babich, M. M. Andronova // Lesn. zhurn. – 2014. – № 5. – S. 155–160.
19. Hunter, G. G. Spread of exotic conifers on South Island Rangelands / G.G. Hunter, M. H. Douglas // New Zealand Journal of Forestry. – 1984. – № 29. – R. 78–96.
20. Feklistov, P. A. Sravnitel'nye ehkologo-biologicheskie osobennosti sosny skruchennoj i obyknovennoj v severnoj podzone evropejskoj tajgi / P. A. Feklistov, S. Yu. Biryukov, A. L. Fedyaev. – Arhangel'sk : AGTU, 2008. – 118 s.
21. Vskhozhest' semyan i rost seyancev severoamerikanskogo vida *Pinus contorta* Dougl. v YUzhnoj Sibiri / V. V. Tarakanov, A. L. Fedorkov, T. V. Kuz'mina, A. N. Avdonina // Rastitel'nyj mir Severnoj Azii: problemy izucheniya i sohraneniya bioraznoobraziya : mater. Vseross. konf. (Novosibirsk, 1–3 oktyabrya 2013 g.). – Novosibirsk : CSBS SO RAN, 2013. – S. 133–135.
22. Zajcev, G. N. Matematicheskij analiz biologicheskikh dannyh / G. N. Zajcev. – M. : Nauka, 1991. – 183 s.
23. Mamaev, S. A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij (na primere semejstva Pinaceae na Urale) / S. A. Mamaev. – M. : Nauka, 1972. – 284 s.
24. Inheritance of strobili production and genetic correlation with growth in lodgepole pine / M. Hanners, S. Aitken, T. Ericsson, C. C. Ying // Forest Genetics. – 2001. – № 8(4). – P. 323–329.
25. Raevskij, B. V. Selekcija i semenovodstvo sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) i sosny skruchennoj (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm) na Severo-Zapade taehznoj zony Rossii : diss. d-ra s.-h. nauk : spec. 06.03.01 – lesnye kul'tury, selekcija, semenovodstvo / B. V. Raevskij. – Petrozavodsk, 2015. – 322 s.
26. Hamitov, R. S. Izmenchivost' biometricheskikh parametrov shishek kedra sibirskogo / R. S. Hamitov, S. M. Hamitova // Izvestiya OGAU. – 2013. – № 6 (44). – S. 22–25.
27. Ying, C. C. Cone production and seed yield of lodgepole pine grafts / C. C. Ying, J. C. Murphy, S. Andersen // Forestry Chronicle. – 1985. – № 61. – P. 223–228.
28. Nilsson, J.-E. Studies on flowering biology in 14 provenances of *Pinus contorta* in a Swedish field trial / J.-E. Nilsson, G. Eriksson, D. Rudin // *Pinus contorta* as an exotic species ; ed. A. Person. – № 30. – Dept. of Forest Genetics, SLU, 1980. – P. 299–311.

Lodgepole Pine (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats) Fruiting Under the Conditions of Introduction

N. Demidova – Northern Research Institute of Forestry, Deputy Director on Sciences, Candidate of Biological Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation, natalia.demidova@sevniilh-arh.ru

T. Durkina – Northern Research Institute of Forestry, Researcher, Arkhangelsk, Russian Federation, forestry@sevniilh-arh.ru

L. Gogoleva – Northern Research Institute of Forestry, Researcher, Arkhangelsk, Russian Federation, forestry@sevniilh-arh.ru

Keywords: introduction, lodgepole pine, strobili, seeds, cones, variability, biometrics, germination

The article concerns the lodgepole pine seeds quality (*Pinus contorta* Loud. Var. *latifolia* S.Wats) in the European North of Russia. The nature of the problem lies in the fact that abundant seed production, which provides normal development of the reproductive organs, is needed for the assessment of the prospects for the future use of exotic species for industrial purposes.

The main part contains results of studying biometric parameters of the lodgepole pine cones and seeds mass and their variability. The authors established that, within the conditions of introduction, this pine produces cones and seeds of sizes compared to those typical for this species range. The linear dimensions of the cones differ in a lower level of variability than its mass. The researchers note that within Arkhangelsk conditions lodgepole pine seeds of local reproduction are noted for their low quality, which probably depends on lack of its own pollen. Scientific justification of this fact is supported by the data obtained in Karelia that lodgepole pine cannot use pollen of Scots pine for pollination, because there is a complete reproductive isolation between these two pines [1]. Our results agree with studies of Swedish scientists who have identified [2], that in the conditions of introduction the northern-latitude and high-altitude provenances of lodgepole pine had flowered more abundantly than southern ones. The article presents data on the average weight of 1,000 seeds, which is $3,6 \pm 0,2$ g ($C_v = 12,5$ % average level of variability) in Arkhangelsk conditions, and that corresponds to the data obtained from other research areas [3, 4].

One of the main conclusions is that in the introduction conditions ($64^{\circ}33'$ north, $39^{\circ}40'$ east) lodgepole pine of northern provenances produces more viable seeds compared to those of southern origins.

In the conclusion, it is stated that further seeds quality studies are needed to assess the prospects of lodgepole pine use for plantation growth, and seeds deficit problem can be solved through establishment of seed orchards.

References

1. Raevskij, B. V. *Selekcija i semenovodstvo sosny obyknovennoj (Pinus sylvestris L.) i sosny skruchennoj (Pinus contorta Dougl. ex Loud. var. latifolia Engelm) na Severo-zapade taezhnoj zony Rossii : Diss. na soiskanie uchjonoj stepeni doktora sel'skhozajstvennyh nauk po special'nosti 06.03.01 – lesnye kul'tury, selekcija, semenovodstvo / B. V. Raevskij. – Petrozavodsk, 2015. – 322 s.*
2. Nilsson, J.-E. *Studies on flowering biology in 14 provenances of Pinus contorta in a Swedish field trial / J.-E. Nilsson, G. Eriksson, D. Rudin ; ed. A. Person// Pinus contorta as an exotic species. – № 30. – Dept. of Forest Genetics, SLU. Research Notes, 1980. – P. 299–311.*
3. *Introdukcija sosny skruchennoj v uslovijah Leningradskoj oblasti / V. M. Alekseev, A.V. Zhigunov, A. S. Bondarenko, D. S. Burcev // Lesnoj zhurnal. – 2014. – № 3. – S. 24–33.*
4. *Babich, N. A. Sosna skruchennaja – perspektivnyj introducent dlja ozelenenija malyh severnyh gorodov / N. A. Babich, M. M. Andronova // Lesnoj zhurnal. – 2014. – № 5. – S. 155–160.*