

УДК 630\*232.11:582.475.4

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ ШИРОКОХВОЙНОЙ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ НА СЕВЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ<sup>1</sup>

© 2020 г. Н. А. Демидова<sup>а</sup>, \*, Т. М. Дуркина<sup>а</sup>, Л. Г. Гоголева<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Федеральное бюджетное учреждение “Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства”, ул. Никитова, 13, Архангельск, 163062 Россия

\*E-mail: forestry@sevniilh-arh.ru

Поступила в редакцию 09.03.2017 г.

После доработки 22.08.2019 г.

Принята к публикации 06.06.2020 г.

Статья посвящена изучению биометрических показателей (высота, диаметр шейки корня, масса в абсолютно-сухом состоянии) одно- и 3-летних контейнеризированных сеянцев сосны скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats.) местной репродукции в условиях Архангельской области. Сосна скрученная может быть использована для восстановления нарушенных хозяйственной деятельностью территорий и плантационного выращивания, поэтому знания особенностей роста и формирования в условиях интродукции имеют большое значение. Степень развития структурно-функциональных органов сеянцев древесных пород характеризуют высота, диаметр у корневой шейки и биомасса. Результаты изучения показали, что уровень изменчивости одно и 3-летних сеянцев сосны скрученной по высоте и диаметру оценивается как средний (С.V. = 13.8–16.9%), изменчивость по длине пучка корней – как повышенная (С.V. = 21.2–23.4%). Установлено, что соотношение массы корней и надземной части у сеянцев сосны скрученной является оптимальным (0.44–0.51) для данных условий выращивания. При создании лесных плантаций сосны скрученной необходимо учитывать, что она образует раскидистую крону, что часто приводит к ветровалу и снеголому. Одной из причин является мочковатая корневая система, формирующаяся при выращивании посадочного материала в контейнерах. Соотношение “корень:ствол” можно использовать уже в питомнике как показатель устойчивости к снегу и ветру.

*Ключевые слова:* интродукция, сосна скрученная, лесные плантации, сеянцы, линейный рост, изменчивость.

DOI: 10.31857/S0024114820050046

Иван Степанович Мелехов (1970) придавал большое значение созданию плантаций из быстрорастущих хвойных и лиственных пород, особенно для целей целлюлозно-бумажного производства, и отмечал, что этому вопросу необходимо уделять внимание. В плантационном лесоводстве большое значение придается таким факторам, как использование высококачественного посадочного материала, в том числе с закрытой корневой системой, применение наиболее эффективных агротехнических и лесоводственных приемов выращивания, оптимальный выбор пород для культивирования, способных возможно быстро дать большую массу древесины нужного качества и позволяющих вести хозяйство с коротким оборотом рубки. Выращивание древесины на лесных плантациях

позволяет более эффективно использовать лесные ресурсы, удовлетворять потребностям промышленности и сохранять ресурсно-экологический потенциал и глобальные функции лесов.

Интродукция является перспективным путем повышения древесной продуктивности (Дроздов, 1988, 2005). Создание насаждений из инорайонных пород имеет свои особенности. Для лесного хозяйства практический интерес представляет ограниченный набор пород. Это, прежде всего, древесные породы, способные в данных почвенно-климатических условиях образовывать высокопродуктивные насаждения и давать больший эффект по сравнению с местными породами. К числу таких пород, для плантационного выращивания в странах с умеренным климатом И.С. Мелехов (1962) относил североамериканскую сосну скрученную. Для того, чтобы дать обоснованные рекомендации по созданию плантаций высокопродуктивных пород, он подчеркивал необходи-

<sup>1</sup> Исследования проведены в рамках Государственного задания ФБУ “Северный НИИ лесного хозяйства” на 2017–2019 гг.

мость всестороннего интродукционного испытания в условиях Европейского Севера России (Мелехов, 1984).

Сосна скрученная широкохвойная (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats.) была интродуцирована в Европу в конце XIX в. (Edwards, 1954). Огромный опыт плантационного выращивания сосны скрученной накоплен в Швеции, где первые посадки были заложены в 1920 г. (Segebaden, 1993), а к концу XX в. площадь плантаций достигла 600 тыс. га (Lindelow, 2001). Интродукционное испытание сосны скрученной в различных регионах Европейского Севера России (Архангельская и Вологодская области, Республика Коми) началось в 1979 г. (Демидова и др., 2016). С тех пор специалистами ФБУ “Северный НИИ лесного хозяйства” (бывший Архангельский институт леса и лесохимии) создано 53 га опытных плантаций.

Важными показателями сезонного развития сеянцев древесных пород, в том числе и сосны скрученной, являются линейный рост стволика и корней. Изучение роста сеянцев сосны скрученной в условиях Архангельской (Нилов и др., 1987, 1999; Феклистов и др., 2008) и Ленинградской областей (Алексеев и др., 2014), республике Карелия (Раевский, 2015) и Коми (Федорков, Туркин, 2010) показали, что эта сосна растет быстрее сосны обыкновенной с первых лет жизни. Исследователи отмечали преимущество однолетних тепличных сеянцев сосны скрученной как по диаметру у корневой шейки, так и по высоте.

Накопление сухого органического вещества однолетними сеянцами в вегетативных органах растения — один из основных показателей роста. Этот процесс в меньшей степени, чем линейный рост, изменяется под влиянием почвенно-климатических условий и считается наиболее устойчивым показателем при оценке закономерностей развития растений (Зепалов, 1946; Щербаков, 1960). В процессе роста сухое вещество в хвое накапливается более интенсивно, чем в корнях и стволике (Миронов, 1977; Редько и др., 1983; Наквасина, 2016).

Наиболее точно биологический потенциал различных видов посадочного материала определяется соотношением надземной и подземной биомассы (Родин и др., 1974; Наквасина, 2016) или соотношением массы тонких корней (менее 1 мм) и надземной части растений (Миронов, 1977; Смирнов, 1981; Маркова, 1989; Жигунов, 2000; Мочалов, 2010). Увеличение долевого участия тонких и всасывающих корней в общей массе сеянцев и саженцев облегчает условия приживания и роста хвойных пород в культурах (Миронов, 1977). Для сеянцев и саженцев хвойных пород, выращиваемых в открытом грунте, оптимальным считается соотношение надземной биомассы к подземной в пределах 2 : 1–3 : 1 (Родин и др.,

1974), или массы тонких корней и надземной биомассы в пределах 0.3–0.5 (Романов, 1977; Родин, 1978). При выращивании сеянцев с закрытой корневой системой соотношение надземной и подземной частей сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от применяемой схемы посадки находится в пределах 0.29–0.59 (Жигунов, 2000).

Важнейшим фактором, влияющим на ветро- и снегоустойчивость, считается соотношение “корень:стволик” (Martinsson, 1986). Изучением данного вопроса занимались А. Lindstrom (1990), M.R. Halter и С.Р. Chanway (1993) и др. При сравнительном изучении корневых систем сосны обыкновенной и сосны скрученной О. Martinsson (1986) определил, что сосна скрученная имеет более мочковатую корневую систему и меньшее соотношение “корень : стволик”.

Сосна скрученная является интересной лесной породой для плантационного выращивания не только из-за быстрого роста, но и ввиду того, что это порода-пионер, которая может заселять нарушенные хозяйственной деятельностью территории. Поэтому знания о том, как она растет и формируется в условиях интродукции, имеют большое значение.

Целью исследования является изучение биометрических показателей сеянцев сосны скрученной в условиях интродукции. Актуальность исследования обусловлена практической востребованностью в посадочном материале сосны скрученной местной репродукции для целей плантационного выращивания.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования служили одно- и 3-летние сеянцы сосны скрученной, выращенные из семян местной репродукции. Семена были собраны на экспериментальных участках на территории дендрологического сада им. В.Н. Нилова ФБУ “Северный НИИ лесного хозяйства” в Архангельской области (64°33′ с.ш., 39°40′ в.д.) в 2013–2015 гг.

Для выращивания сеянцев сосны скрученной в тепличных условиях использовались “Рекомендации по выращиванию посадочного материала североамериканской сосны скрученной в лесных питомниках Севера” (Нилов, 1999), разработанные для выращивания сеянцев с открытыми корнями. В данные рекомендации авторами статьи внесены изменения и дополнения для выращивания сеянцев в контейнерах.

Сеянцы сосны скрученной выращивались в кассетах марки “Plantek-100” с объемом ячейки 49 см<sup>3</sup>. Для выращивания сеянцев использовали типичный субстрат, применяемый в селекционно-семеноводческих центрах — торф нейтрализованный кипованный, с предпосевным внесением

полного минерального удобрения в дозировке кг/га д. в.: N100 P100 K50. Сеянцы выращивались в теплице в течение 2.5 мес., затем (середина августа) кассеты с сеянцами перемещали из теплицы на открытый полигон для закаливания и последующего доращивания.

Изучение биометрии сеянцев проводилось в сентябре 2016 г. Для этого отбирали по 50 образцов. В лабораторных условиях в отобранных образцах у каждого сеянца измеряли высоту, диаметр, длину пучка корней, массу всех частей сеянца в абсолютно-сухом состоянии. Измерение высоты сеянцев проводилось линейкой с точностью до 0.1 см, длина корневой системы – с точностью до 1.0 см, диаметр корневой шейки измерялся штангель-циркулем – с точностью до 0.1 мм.

При определении абсолютно-сухой массы отдельных частей растений сеянцы разделяли на стебель, хвою, главный корень и мелкие корни, отмечали численность корней первого порядка. Высушивание производили в термостате при температуре 100–105°C для определения абсолютно-сухой массы (Бобушкина, 2014).

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel с учетом общепринятых методик (Зайцев, 1991). Для каждого параметра вычислялись: предельные значения (min, max), среднее арифметическое ( $M$ ), стандартное квадратическое отклонение ( $\delta$ ), ошибка среднего ( $m$ ), точность опыта ( $P$ , %).

Для оценки степени варьирования количественных признаков использовали величины коэффициента вариации (C.V., %), предложенные С.А. Мамаевым (Мамаев, 1972). Уровень изменчивости C.V. принимается как: очень низкий – <7%, низкий – 8–12%, средний – 13–20%, повышенный – 21–30%, высокий – 31–40%, очень высокий – >40%. Коэффициент вариации дает объективное представление об амплитуде изменчивости параметров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Степень развития структурно-функциональных органов сеянцев древесных пород характеризуют высота, диаметр у корневой шейки и биомасса. Основные показатели корневой системы сильно меняются под влиянием экологических факторов таких как температура почвы и воздуха, влажность, питание, свет, ветер и др. Кроме того, на формирование корней влияют и технологии выращивания посадочного материала, особенно выращивание в контейнерах, которое вызывает деформацию корней (Kinghorn, 1978).

При изучении корневых систем сеянцев, выращенных в контейнерах, выявлено, что у них плохо выражен главный корень. Эту особенность отмечают R. Lines (1980) и O. Martinsson (1986).

Восприимчивость к ветровалу и снеголому является одним из главных недостатков быстрорастущих пород, в том числе и сосны скрученной широкохвойной. Эта проблема проявляется уже на ранних стадиях развития сеянцев, когда происходит изгиб стволика у его основания (Lines, 1980). По мнению R. Lines (1980) слабая устойчивость сосны скрученной вызвана низкой величиной соотношения “корень : ствол”, что приводит к образованию растения с раскидистой кроной. O. Martinsson (1986) выявил значительные различия в отношении “корень : ствол” между происхождениями сосны скрученной в Швеции, где ветровал и снеголом деревьев этого вида являются серьезной проблемой. По данным R. Lines (1980) некоторые насаждения быстрорастущей сосны скрученной в условиях Великобритании, созданные из южных происхождений, являются неустойчивыми по отношению к ветровалу и снеголому, и часто это происходит от неверно выбранного способа посадки. По его мнению, деревья, у которых образуется искривление у основания стволика, имеют потенциальную опасность повреждения ветром и снегом в будущем, особенно если у них образуется раскидистая крона.

Результаты изучения биометрических параметров (высота и диаметр ствола, длина корней и их масса) сеянцев сосны скрученной в свежем состоянии представлены в табл. 1. Уровни изменчивости одно- и 3-летних сеянцев сосны скрученной по высоте и диаметру оцениваются как средние (C.V. = 13.8–16.9%). Изменчивость по длине пучка корней оценивается как повышенная (C.V. = 21.2–23.4%). Изменчивость по массе надземной части у однолетних сеянцев – повышенная, у 3-летних – высокая. Изменчивость соотношения массы корней и надземной части растений у однолетних сеянцев высокая, у 3-летних сеянцев – повышенная. Статистическая достоверность определена по первому уровню доверительной вероятности ( $P = 0.95$ ).

Накопление сухого органического вещества сеянцами в вегетативных органах растения является основным показателем роста (табл. 2), который слабо изменяется под влиянием почвенно-климатических условий. При оценке закономерностей этот показатель можно считать наиболее устойчивым.

Распределение сухого вещества между подземной и надземной частями сеянцев сосны скрученной широкохвойной также было исследовано M.G. Cannell, S.C. Willett и S.Thompson (Thompson, 1974; Cannell, Willett, 1976). Они отметили значительные изменения в соотношении корней и побегов в период вегетации у сеянцев сосны скрученной разного происхождения в условиях Великобритании. По их данным, сеянцы южного происхождения имеют низкое соотношение су-

**Таблица 1.** Среднестатистические биометрические показатели сеянцев сосны скрученной

Возраст, лет	Высота <i>H</i> , см		Диаметр <i>D</i> , мм		Длина пучка корней, см		Масса сеянцев, г					Масса тонких корней : масса надземной части	
	$X \pm m_x$	C.V., %	$X \pm m_x$	C.V., %	$X \pm m_x$	C.V., %	общая	надземная часть		тонкие корни		$X \pm m_x$	C.V., %
								$X \pm m_x$	C.V., %	$X \pm m_x$	C.V., %		
1	5.4 ± 0.11	13.8	0.9 ± 0.02	15.1	11.4 ± 0.34	21.2	0.5	0.4 ± 0.01	25.7	0.1 ± 0.01	48.1	0.36 ± 0.02	37.92
3	7.8 ± 0.19	16.9	1.5 ± 0.03	15.0	13.5 ± 0.45	23.4	1.1	0.8 ± 0.04	33.5	0.3 ± 0.02	39.5	0.38 ± 0.02	28.4

Примечание: *X* – среднее арифметическое значение;  $m_x$  – основная ошибка среднего значения; C.V. – коэффициент вариации.

**Таблица 2.** Абсолютно-сухая масса отдельных частей сеянцев сосны скрученной

Возраст, лет	Ед.	Масса фракций 50 шт. сеянцев, г					Масса тонких корней : масса надземной части
		общая	надземная часть (м.н.ч.)			тонкие корни	
			стволики	хвоя	всего		
1	г	20.782	5.638	8.799	14.437	6.345	0.44
	%	100	27.13	42.34	69.47	30.53	
3	г	37.833	9.456	15.624	25.08	12.753	0.51
	%	100	25.0	41.3	66.30	33.7	

хой массы “корень:стволик” по сравнению с сеянцами северного происхождения. В результате своих исследований они пришли к выводу, что соотношение сухой массы “корень : стволик” в конце вегетационного периода имеет отрицательную корреляцию, что со временем ведет к прекращению роста сеянцев в высоту. Различия в соотношении “корень : стволик” сохраняются до четвертого года выращивания в питомнике (Roberts, Wareing, 1975). Как и у других хвойных, доля корня по отношению к стволу у сосны скрученной снижается с возрастом, по крайней мере, до возраста 12 лет (Eis, 1970).

По результатам изучения сухого органического вещества отдельными частями сеянцев сосны скрученной определено, что соотношение массы корней и надземной части как у однолетних, так и у 3-летних сеянцев сосны скрученной является оптимальным (0.44–0.51). Оптимальность определяли по данным А.Е. Ромега с соавт. (1986), которые считают оптимальными показатели в пределах 0.4–0.65. Если этот показатель менее 0.4, это говорит о сильном послепосадочном угнетении растения и ранней нестабильности к воздействию ветра и снега. А если он более 0.65 – это указывает на физиологический дисбаланс между надземной и подземной частями сеянцев.

В результате исследований нами была выявлена слабая корреляционная связь между показателем отношения “корень:стволик” и общей массой в абсолютно-сухом состоянии у однолетних сеянцев ( $r = 0.42$ ) и очень слабая – у 3-х летних сеян-

цев. Наши результаты сопоставимы с данными, полученными R. Lines (1971) в условиях Великобритании.

**Заключение.** Таким образом, в результате изучения одно- и 3-летних контейнеризированных сеянцев сосны скрученной в условиях Архангельской области определено, что по высоте и диаметру изменчивость оценивается как средняя, по длине пучка корней – повышенная и высокая, по массе надземной части – у однолетних сеянцев повышенная – у 3-летних – высокая. Изменчивость же соотношения массы корней и надземной части растений высокая у однолетних сеянцев и повышенная – у 3-летних, и в обоих случаях является оптимальной (0.44–0.51).

Между показателем отношения “корень:стволик” и общей массой в абсолютно-сухом состоянии выявлена слабая корреляционная связь ( $r = 0.42$ ) у однолетних сеянцев и очень слабая – у 3-летних.

При изучении корневых систем сеянцев, выращенных в контейнерах, выявлено, что у них плохо выражен главный корень и формируется мочковатая корневая система, что может ослабить ее ветро- и снегоустойчивость в будущем. Соотношение “корень : стволик” можно использовать уже в питомнике как показатель устойчивости к снегу и ветру. Вероятно, что чем меньше этот показатель, тем менее устойчивыми будут сеянцы сосны скрученной в культурах. Для этого требуются дополнительные исследования. При создании лесных плантаций сосны скрученной необходимо учитывать, что она образует раски-

дистюю крону, что часто приводит к ветровалу и снеголому.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В.М., Жигунов А.В., Бондаренко А.С., Бурцев Д.С.* Интродукция сосны скрученной в условиях Ленинградской области // *Лесной журн.* 2014. № 3. С. 24–33.
- Бобушкина С.В.* Интенсивность роста и развития сеянцев сосны с закрытой корневой системой при разных режимах выращивания для лесовосстановления в Архангельской области: Дис. ... канд.с.-х. наук (06.03.01). Архангельск: Северный (Арктический) Федеральный Университет, 2014. 196 с.
- Демидова Н.А., Дуркина Т.М., Гоголева Л.Г., Демиденко С.А., Быков Ю.С., Парамонов А.А.* Рост и развитие сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S.Wats) в условиях северной тайги // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства.* 2016. № 2. 2016. С. 45–59.
- Дроздов И.И.* Хвойные интродуценты в лесных культурах. М.: Моск. гос. университет леса, 1988. 135 с.
- Дроздов И.И., Дроздов Ю.И.* Культуры сосны скрученной в решении сырьевой проблемы балансовой древесины // *Лесной вестник.* 2005. № 5. С. 83–84
- Жигунов А.В.* Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб: Санкт-Петербургский НИИ лесного хоз-ва, 2000. 293 с.
- Зайцев Г.Н.* Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 183 с.
- Зелалов С.М.* Фазы роста сеянцев как основа их агротехники // *Научный отчет ВНИАЛМИ за 1941–1942 гг.* М.: Сельхозиздат, 1946. С. 151–163.
- Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.
- Маркова И.А.* Агротехника и технология создания высокопродуктивных культур ели и сосны промышленными методами на Северо-западе РСФСР: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Л.: Ленинград. лесотех. академия, 1989. 40 с.
- Мелехов И.С.* Рубки главного пользования. М.: Гослесбумиздат, 1962. 329 с.
- Мелехов И.С.* Лесоведение и лесоводство. М.: Моск. лесотех. институт, 1970. 148 с.
- Мелехов И.С.* Интродукция хвойных в лесном хозяйстве // *Лесоведение.* 1984. № 6. С. 72–77.
- Миронов В.В.* Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении. М.: “Лесная промышленность”. 1977. 232 с.
- Мочалов Б.А.* Значение лесокультурного производства в лесовосстановлении на Севере // *Проблемы таежного лесоводства.* Архангельск: Северный НИИ лесного хозяйства. 2010. С. 106–119.
- Наквасина, Е.Н.* Ритмика роста сеянцев сосны и ели. Биоэкологическое обоснование агротехники выращивания. Архангельск: Северный (Арктический) Федеральный университет. 2016. 158 с.
- Нилов В.Н., Павлова М.А., Стафеев Б.Л.* О качестве древесины североамериканской сосны скрученной на Европейском Севере // *Лесной журн.* 1987. № 3. С. 56–60.
- Нилов В.Н., Стафеев Б.Л., Дуркина Т.М.* Рекомендации по выращиванию посадочного материала североамериканской сосны скрученной в лесных питомниках Севера. М.: Рослесхоз, 1999. 18 с.
- 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). Петрозаводск: Институт леса КарНЦ РАН, 2015. 322 с.
- Редько Г.И., Огиевский Д.В., Наквасина Е.Н., Романов Е.М.* Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках. М.: Лесная пром-ть, 1983. 64 с.
- Родин А.Р.* Явление хемотропизма при создании культур хвойных пород саженцами с закрытой корневой системой // *Лесоводство, лесные культуры и почвоведение.* 1978. Вып. 7. С. 98–102.
- Родин А.Р., Грибков В.В., Никитина А.В.* Оптимальное соотношение надземной биомассы и корневых систем посадочного материала хвойных пород // *Лесохозяйственная информация.* 1974. Вып. 15. С. 13–14.
- Романов Е.М.* Биоэкологические принципы разработки и применения интенсивных технологий выращивания посадочного материала // *Лесное хоз-во.* 1977. № 3. С. 28–31.
- Смирнов Н.А.* Выращивание посадочного материала хвойных пород с применением прогрессивных технологий. М.: Лесная пром-ть, 1981. 169 с.
- Федорков А.Л., Туркин А.А.* Экспериментальные культуры сосны скрученной в Республике Коми // *Лесоведение.* 2010. № 1. С. 70–74.
- Феклистов П.А., Бирюков С.Ю., Федяев А.Л.* Сравнительные эколого-биологические особенности сосны скрученной и обыкновенной в северной подзоне европейской тайги. Архангельск: АГТУ, 2008. 118 с.
- Щербаков А.П.* Ритмы роста и питания древесных растений // *Физиологические основы роста древесных растений.* М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1960. С. 91–108.
- Cannell M.G.R., Willett S.C.* Shoot growth phenology, dry matter distribution and root:shoot ratios of provenances of *Populus trichocarpa*, *Picea sitchensis* and *Pinus contorta* growing in Scotland // *Silvae Genetica.* 1976. № 25(2). P. 49–59.
- Edwards M.V.* A summary of information on *Pinus contorta* // Part I. Forest. Abstract. 1954. V. 15. P. 389–396.
- Eis S.* Root-growth relationships of juvenile white spruce, alpine fir and lodgepole pine on three soils in the interior of British Columbia. Department of Fish and Forestry, Canadian Forestry Service Publication. Canada: Ottawa. 1970. № 1276. 10 p.
- Halter M.R., Chanway C.P.* Growth and root morphology of planted and naturally-regenerated Douglas fir and Lodgepole pine // *Annals of Forest Science.* 1993. № 50. P. 71–77.
- Kinghorn J.M.* Minimizing potential root problems through container design // Van Erden & Kinghorn (eds.): *Proceeding of the Root Form of Planted Trees Symposium.* British Columbia Ministry of Forests. Canada B.C., Victoria. 1978. P. 311–314.

Lindelow A., Bjorkman C. Insects on lodgepole pine in Sweden – current knowledge and potential risks // Forest Ecology & Management. 2001. № 141. P. 107–116.

Lindstrom A. Stability in young stands of containerized pine (*Pinus sylvestris*) // Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Yield Research, Report. Sweden: Gothenberg. 1990. № 57. 37 p.

Lines R. Provenances. Lodgepole pine. Studies of factors leading to basal bowing // Report on Forest Research. London, 1971. P. 39–40.

Lines R. Stability of *Pinus contorta* in relation to wind and snow // *Pinus contorta* as an exotic species. Proceedings of the IUFRO Working Party Meeting 1980 on *P. contorta* provenances. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics, Garpenberg. Research Notes. 1980. № 30. P. 209–219.

Martinsson O. Tap root formation and early root/shoot ratio of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* // Scandinavian J. Forest Research. 1986. № 1. P. 233–242.

Roberts J., Wareing P.F. A study of the growth of four provenances of *Pinus contorta* Dougl // Annals of Botany. 1975. № 39. P. 93–99.

Romero A.E., Ryder J., Fisher J.T., Mexal J.G. Root system modification of container stock for arid land planting // Forest Ecology & Management. 1986. № 16. P. 281–290.

Segebaden G. Lodgepole pine in Sweden – a situation report // Proceedings of the Meeting of IUFRO WP 2.02.06 and Frans Kempe Symposium on *Pinus contorta* – from Untamed Forest to Domesticated Crop, Umea, 24–28 August 1992. Report 11. Department of Forest Genetics and Plant Physiology Swedish University of Agricultural Sciences. 1993. P. 238–263.

Thompson S. Shoot growth and dry matter production in two contrasted provenances of *Pinus contorta* Douglas // PhD Thesis. GB, Aberdeen: University of Aberdeen. 1974. 204 p.

## Diversity of the Biometric Indicators of the Ball-Rooted Lodgepole Pine Seedlings in the North of Arkhangelsk Oblast

N. A. Demidova<sup>1,\*</sup>, T. M. Durkina<sup>1</sup>, and L. G. Gogoleva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Northern Research Institute of Forestry, Nikitova st., Arkhangelsk, 163062 Russia

\*E-mail: forestry@sevniilh-arh.ru

The article covers the studying of the biometric indicators (such as height, root crown diameter, dry mass) of the 1- and 3-years old ball-rooted seedlings of a lodgepole pine (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats.) of local origin within the conditions of Arkhangelsk Oblast. Lodgepole pine can be used for reforestation on industrially disrupted areas as well as in plantations, therefore knowledge of its growth and formation features is crucial for its successful introduction. The abovementioned biometric indicators characterise the seedling's level of structural and functional organs development. The results of the study suggest that the level of height and root crown diameter variability of 1- and 3-years old seedlings of a lodgepole pine is average (C.V. = 13.8–16.9%), while the length of the root bunch variability is above average (C.V. = 21.2–23.4%). The root-shoot ratio of lodgepole pine seedlings was found to be optimal (0.44...0.51) for the given growing conditions. When creating the lodgepole pine plantations it should be kept in mind that the species forms a sprawling crown which often causes tree to get damaged by wind or snow. One of the reasons for possible windfall of a lodgepole pine is its fibrous root system, that is formed by ball-rooted seedlings. The root-shoot ratio can be used as early as in nursery as an indicator of the tree's resistance to snow and wind.

**Keywords:** introduction, lodgepole pine, forest plantations, seedlings, linear growth, variability.

**Acknowledgements:** This study was held within the framework of the State Contract of the Northern Research Institute of Forestry for 2017–2019.

### REFERENCES

Alekseev V.M., Zhigunov A.V., Bondarenko A.S., Burtsev D.S., Introduktsiya sosny skruchennoi v usloviyakh Leningradskoi oblasti (Introduction of *Pinus contorta* in the Leningrad Region), *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal*, 2014, No. 3(339), pp. 24–33.

Bobushkina S.V., *Intensivnost' rosta i razvitiya seyantsev sosny s zakrytoi kornevoi sistemoi pri raznykh rezhimakh vyrashchivaniya dlya lesovosstanovleniya v Arkhangel'skoi oblasti. Dis. kand.s.-kh. nauk* (The intensity of growth and development of pine seedlings with a closed root system under different growing conditions for reforestation in the Arkhangelsk region. Candidate's agric. sci. thesis), Arkhangel'sk: Severnyi (Arkticheskii) Federal'nyi Universitet, 2014, 196 p.

Cannell M.G.R., Willett S.C., Shoot growth phenology, dry matter distribution and root:shoot ratios of provenances of *Populus trichocarpa*, *Picea sitchensis* and *Pinus contorta* growing in Scotland, *Silvae Genetica*, 1976, No. 25(2), pp. 49–59.

Demidova N.A., Durkina T.M., Gogoleva L.G., Demidenko S.A., Bykov Y.S., Paramonov A.A., Rost i razvitie sosny skruchennoi (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats) v usloviyakh severnoi taigi (Growth and development of a lodgepole pine (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats) in a northern boreal forest), *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva*, 2016, No. 2, pp. 45–59.

- Drozдов I.I., Drozдов Y.I., Kul'tury sosny skruchennoi v reshenii syr'evoi problemy balansovoi drevesiny (The culture of *Pinus contorta* in desision of raw material problem of balance wood), *Lesnoi vestnik*, 2005, No. 5, pp. 83–84.
- Drozдов I.I., *Khvoinye introdutsenty v lesnykh kul'turakh* (Coniferous introducers in forest crops), M.: Mosk. gos. universitet lesa, 1988, 135 p.
- Edwards M.V., A summary of information on *Pinus contorta*, Part I. *Forest. Abstract.*, 1954, Vol. 15, pp. 389–396.
- Eis S., *Root-growth relationships of juvenile white spruce, alpine fir and lodgepole pine on three soils in the interior of British Columbia*, Canada, Ottawa: Department of Fish and Forestry, Canadian Forestry Service Publication, 1970, No. 1276, 10 p.
- Fedorkov A.L., Turkin A.A., Eksperimental'nye kul'tury sosny skruchennoi v Respublike Komi (Test of shore pine in the Republic of Komi), *Lesovedenie*, 2010, No. 1, pp. 70–74.
- Feklistov P.A., Biryukov S.Y., Fedyayev A.L., *Sravnitel'nye ekologo-biologicheskie osobennosti sosny skruchennoi i obyknovЕННОИ v severnoi podzone evropeiskoi taigi* (Comparative environmental and biological features of lodgepole pine and Scots pine in the Northern sub-domain of European taiga), Arkhangel'sk: Izd-vo AGTU, 2008, 118 p.
- Halter M.R., Chanway C.P., Growth and root morphology of planted and naturally-regenerated Douglas fir and Lodgepole pine, *Annals of Forest Science*, 1993, No. 50, pp. 71–77.
- Kinghorn J.M., Minimizing potential root problems through container design, *The Root Form of Planted Trees Symposium*, Proc. Conf., Canada B.C., Victoria: British Columbia Ministry of Forests, pp. 311–314.
- Lindelow A., Bjorkman C., Insects on lodgepole pine in Sweden – current knowledge and potential risks, *Forest Ecology & Management*, 2001, No. 141, pp. 107–116.
- Lindstrom A., *Stability in young stands of containerized pine (Pinus sylvestris)*, Sweden, Gothenberg: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, Report, 1990, 37 p.
- Lines R., *Provenances. Lodgepole pine. Studies of factors leading to basal bowing*, London, 1971, pp 39–40.
- Lines R., Stability of *Pinus contorta* in relation to wind and snow, *Pinus contorta as an exotic species. IUFRO Working Party Meeting 1980 on P. contorta provenances.*, Proc. Conf., Garpenberg: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics, 1980, pp. 209–219.
- Mamaev S.A., *Formy vnurividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii (na primere semeistva Pinaceae na Urale)* (The forms of intraspecies variation of woody plants (case study of Pinaceae family in Urals)), M.: Nauka, 1972, 284 p.
- Markova I.A., *Agrotekhnika i tekhnologiya sozdaniya vysokoproduktivnykh kul'tur eli i sosny promyshlennymi metodami na Severo-zapade RSFSR. Avtoref. dis. d-ra s.-kh. nauk* (Agrotechnics and technology for creating highly productive spruce and pine crops by industrial methods in the Northwest of the Russian SFSR. Extended abstract of doctor's agric. sci. thesis), Leningrad: Leningrd. lesotekh. akademiya, 1989, 40 p.
- Martinsson O., Tap root formation and early root/shoot ratio of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris*, *Scandinavian J. Forest Research*, 1986, No. 1, pp. 233–242.
- Melekhov I.S., *Introduktsiya khvoinykh v lesnom khoziaistve* (The introduction of coniferous in forestry), *Lesovedenie*, 1984, No. 6, pp. 72–77.
- Melekhov I.S., *Lesovedenie i lesovodstvo* (Forest science and forest management ), M.: Mosk. lesotekh. institut, 1970, 148 p.
- Melekhov I.S., *Rubki glavnogo pol'zovaniya* (Principal fellings), M.: Goslesbumizdat, 1962, 329 p.
- Mironov V.V., *Ekologiya khvoinykh porod pri iskusstvennom lesovozobnovlenii* (Ecology of conifer during artificial reforestation), M.: "Lesnaya prom-ost", 1977, 232 p.
- Mochalov B.A., *Znachenie lesokul'turnogo proizvodstva v lesovosstanovlenii na Severe* (The value of silvicultural production in reforestation in the North ), In: *Problemy taezhnogo lesovodstva* (Challenges of taiga forestry), Arkhangel'sk: Severnyi NII lesnogo khoziaistva, 2010, pp. 106–119.
- Nakvasina E.N., *Ritmika rosta seyantsev sosny i eli. Bioekologicheskoe obosnovanie agrotekhniki vyrashchivaniya* (Growth rhythm of pine and spruce seedlings. Bioecological validation of agricultural cultivation), Arkhangel'sk: Severnyi (Arkticheskii) Federal'nyi universitet, 2016, 158 p.
- Nilov V.N., Pavlova M.A., Stafeyev B.L., *O kachestve drevesiny severoamerikanskoi sosny skruchennoi na Evropeiskom Severe* ( About the quality of wood of North American lodgepole pine in the European North), *Lesnoi zhurnal*, 1987, No. 3, pp. 56–60.
- Nilov V.N., Stafeyev B.L., Durkina T.M., *Rekomendatsii po vyrashchivaniyu posadochnogo materiala severoamerikanskoi sosny skruchennoi v lesnykh pitomnikakh Severa*. (Recommendations for the cultivation of planting material of North American lodgepole pine in the forest nurseries of the North), M.: Rosleskhoz, 1999, 18 p.
- Raevskii B.V., *Selektsiya i semenovodstvo sosny obyknovЕННОИ (Pinus sylvestris L.) i sosny skruchennoi (Pinus contorta Dougl. ex Loud. var. latifolia Engelm) na Severo-zapade taezhnoi zony Rossii. Diss. d-ra s.-kh. nauk* (Breeding and seed production of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud. Var. *Latifolia* Engelm in the North-West of the taiga zone of Russia. Doctor's of agric. sci. thesis), Petrozavodsk: Institut lesa KarNTs RAN, 2015, 322 p.
- Red'ko G.I., Ogievskii D.V., Nakvasina E.N., Romanov E.M., *Bioekologicheskie osnovy vyrashchivaniya seyantsev sosny i eli v pitomnikakh* (Bioecological bases of cultivation of seedlings of pine and spruce in nurseries), M.: Lesnaya prom-t', 1983, 64 p.
- Roberts J., Wareing P.F., A study of the growth of four provenances of *Pinus contorta* Dougl., *Annals of Botany*, 1975, No. 39, pp. 93–99.
- Rodin A.R., Gribkov V.V., Nikitina A.V., *Optimal'noe sootnoshenie nadzemnoi biomassy i kornevykh sistem posadochnogo materiala khvoinykh porod* (The optimal ratio of aboveground biomass and root systems of coniferous planting material), *Lesokhoziaistvennaya informatsiya*, 1974, Vol. 15, pp. 13–14.
- Rodin A.R., *Yavlenie khemotropizma pri sozdanii kul'tur khvoinykh porod sazhentsami s zakrytoi kornevoi sistemoi* (The phenomenon of chemotropism in the creation of coniferous crops by containerized plant), *Lesovodstvo, lesnye kul'tury i pochvovedenie*, 1978, Vol. 7, pp. 98–102.
- Romanov E.M., *Bioekologicheskie printsiipy razrabotki i primeneniya intensivnykh tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala* (Bioecological principles for the

- development and application of intensive technologies for growing planting material), *Lesnoe khoz-vo.*, 1977, No. 3, pp. 28–31.
- Romero A.E., Ryder J., Fisher J.T., Mexal J.G., Root system modification of container stock for arid land planting, *Forest Ecology & Management*, 1986, No. 16, pp. 281–290.
- Segebaden G., Lodgepole pine in Sweden – a situation report, *Meeting of IUFRO WP 2.02.06 and Frans Kempe Symposium on Pinus contorta – from Untamed Forest to Domesticated Crop*, Proc. Conf., Umea, 24–28 August, 1992, Umea: Department of Forest Genetics and Plant Physiology Swedish University of Agricultural Sciences, Report 11, 1993, pp. 238–263.
- Shcherbakov A.P., Ritmy rosta i pitaniya drevesnykh rastenii (Rhythms of growth and nutrition of woody plants), In: *Fiziologicheskie osnovy rosta drevesnykh rastenii* (Physiological basis for the growth of woody plants), M.: Izd-vo Akad. Nauk SSSR, 1960, pp. 91–108.
- Smirnov N.A., *Vyrashchivanie posadochnogo materiala khvoinykh porod s primeneniem progressivnykh tekhnologii* (Coniferous planting material cultivation using advanced technologies), M.: Lesnaya prom-t', 1981, 169 p.
- Thompson S., *Shoot growth and dry matter production in two contrasted provenances of Pinus contorta Douglas*. PhD Thesis, GB, Aberdeen: University of Aberdeen, 1974, 204 p.
- Zaitsev G.N., *Matematicheskii analiz biologicheskikh dannykh* (Mathematical analysis of biological data), M.: Nauka, 1991, 183 p.
- Zepalov S.M., Fazy rosta seyantsev kak osnova ikh agrotekhniki (Phases of seedling growth as the basis of their agricultural technology), In: *Nauchnyi otchet VNIALMI za 1941–1942 gg.* (VNIALMI Scientific report for 1941–1942), M.: Sel'khozizdat, 1946, pp. 151–163.
- Zhigunov A.V., *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoi kornevoi sistemoi* (The theory and practice of growing container tree seedlings), St. Petersburg: Sankt-Peterburgskii NII lesnogo khoz-va, 2000, 293 p.