

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РОСТ КУЛЬТУР ЕЛИ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

А.И. Белова¹, Е.В. Лебедев², Р.С. Хамитов¹✉

¹ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», Россия, 160555, Вологодская обл., муниципальное образование «Город Вологда», с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», Россия, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97

r.s.khamtov@mail.ru

Приведены результаты оценки роста пяти- и семилетних культур ели европейской в Грязовецком районе Вологодской области, созданных одно- и двухлетними сеянцами с закрытой корневой системой с улучшенными наследственными свойствами. Отмечено, что в исследуемых семилетних культурах доля ели в составе насаждения достигает четырех единиц, а в пятилетних — от двух до четырех единиц. Показано, что естественное возобновление лиственных пород благодаря своевременному освещению расположено преимущественно в междурядьях и, к настоящему времени, не угнетает культивируемые растения. Выявлено, что для всех обследуемых участков характерна тенденция увеличения ежегодного прироста терминального побега, а также снижение уровня его флуктуации с возрастом. Корреляционное отношение ($\eta = 0,85$) свидетельствует о высокой зависимости прироста осевого побега от года его образования. Показано, что метеорологические факторы оказывают влияние на рост культур ели, созданных сеянцами с закрытой корневой системой в фазе их индивидуального роста. Установлено, что наибольшее влияние оказывают сумма активных температур вегетационного периода, осадки, относительная влажность воздуха в мае и июне и средняя температура воздуха в дневные часы. При этом показано, что рост осевых побегов усиливается при увеличении количества дней с осадками в мае, но снижается при их увеличении в июне. Значительная положительная зависимость прироста отмечена от относительной влажности воздуха в мае, однако повышенная влажность воздуха в июне приводит к снижению роста культур ели.

Ключевые слова: ель европейская, лесные культуры, сеянцы с закрытой корневой системой, метеорологические факторы

Ссылка для цитирования: Белова А.И., Лебедев Е.В., Хамитов Р.С. Влияние метеорологических условий на рост культур ели с закрытой корневой системой // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 5. С. 100–108. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-5-100-108

Совершенствование искусственного лесовосстановления требует обеспечения лесокультурного производства качественным посадочным материалом, обладающим наилучшим потенциалом роста. Достижение такой цели возможно в результате выращивания сеянцев, которые обеспечивают успешный рост их корневой системы после посадки на лесокультурную площадь [1–3]. Эта проблема решается с помощью внедрения современной технологии выращивания сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) в специальных тепличных комплексах. Такой посадочный материал выращивается, как правило, в течение одного года и позволяет не только обеспечить потребности лесовосстановления, но и внести качественные изменения в лесокультурное дело [4].

Преимущество этих сеянцев заключается в возможности их посадок в течение всего вегетационного периода, что обусловлено снижением стресса после пересадки [5–7]. Корневые системы сеянцев находятся в контейнерах с питательной

средой, защищающей их при пересадке от каких-либо повреждений. Кроме того, корневая система хорошо развита и обладает большим количеством всасывающих корней, способствующих поглощению питательных веществ и воды после пересадки [8–11]. Сеянцы, выращенные в контейнерах, при посадке на участках с недостаточным увлажнением приживаются лучше по сравнению с сеянцами, выращенными с открытой корневой системой, поскольку окружающий корневые системы субстрат содержит некоторое количество влаги. Ее запас в субстрате увеличивает период безполивного содержания сеянцев как при хранении, так и при транспортировке. Сеянцы, формирующиеся в контейнерах, отличаются оптимальным соотношением массы надземных органов и корней [12–15], что также способствует росту и приживаемости посадочного материала [15–22]. Наряду с этим имеются данные, что такой посадочный материал не оказывает значительного влияния на эти показатели [23–26]. Сеянцы, выращенные в открытом грунте, отличаются зимостойкостью и морозостойкостью [27].

Повышенный отпад сеянцев с ЗКС происходит вследствие нарушения технологии посадки [28]. Выращиваемые в течение одного вегетационного периода сеянцы с ЗКС могут отличаться меньшими размерами, чем сеянцы, выращенные в открытом грунте [29, 30]. Однако применение сеянцев с ЗКС, меньших по размеру, нежели выращенных в открытом грунте, не влияет на рост лесных культур, поскольку на начальных этапах они имеют преимущества в скорости роста [17]. К тому же увеличение сроков посадки дает возможность сократить затраты на лесокультурное производство.

На выращивание сеянцев в контейнерах требуются значительные средства [31], поэтому при посадке их густоту снижают до 2 тыс. шт./га [32]. Такой прием в сочетании с усилиями, направленными на увеличение количества выращиваемых сеянцев в специализированном тепличном комплексе САУ ЛХ ВО «Вологдалесхоз», позволил существенно повысить долю создаваемых посадкой сеянцев с ЗКС культур до 18 % и увеличить общую площадь ежегодного искусственного лесовосстановления на землях лесного фонда Вологодской области. Кроме того, применение технологии точечного посева в кассеты при выращивании сеянцев позволило сократить расход дорогостоящих семян, заготавливаемых на лесосеменных плантациях, и увеличить долю выращивания посадочного материала с улучшенными наследственными свойствами, необходимого для повышения качества, производительности и устойчивости лесных культур [33]. Применение такого селекционного посадочного материала для создания насаждений искусственного происхождения при условии их соответствия местным лесорастительным условиям является одним из важных путей сохранения генофонда основных лесобразующих пород [33]. К началу 2020-х годов посадкой сеянцев с ЗКС создано значительное количество культур ели, причем возраст растений на некоторых участках уже достигает 5–7 лет, что позволяет дать детальную оценку проделанной работе.

Исследования показали зависимость изменчивости роста естественного возобновления и лесных культур хвойных пород от метеорологических условий вегетационного периода [34–38]. Снижение послепосадочного стресса и, возможно, в некоторой степени, влияние почвенных условий на рост культур ели, саженцы которой выращены с ЗКС, по нашему мнению, определяет выявление уровня влияния метеорологических условий на рост терминального побега таких культур как актуальное.

Цель работы

Цель работы — оценка роста культур ели европейской, созданных сеянцами с ЗКС в фазе их

индивидуального роста, в зависимости от погодных условий в период образования терминального побега.

Объекты и методика исследований

Объекты исследований представляют собой культуры ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) в Грязовецком районе Вологодской области, произрастающие в кислых условиях. Это искусственные насаждения, созданные посадкой одно- и двухлетних сеянцев ели европейской с ЗКС, выращенных из семян с улучшенными наследственными свойствами. Вспашку осуществляли плугом ПЛ-1 в агрегате с трактором ТДТ-55. Расстояние между рядами составляло: 4,5 м (участок № 1), 3,5 м (участок № 2) и 3 м (участки № 3 и № 4), а шаг посадки — 1,4; 1,6 и 2,1 м соответственно. Посадка сеянцев проводилась вручную с помощью посадочной трубы «Pottiputki». За лесными культурами своевременно осуществлялся лесоводственный уход, заключающийся в удалении естественного возобновления лиственных пород.

Для определения таксационных показателей лесных культур, осуществляли закладку пробных площадей. Размеры пробных площадей определяли, обеспечивая представленность не менее 400 экземпляров растений культивируемой породы на исследуемом участке. Измерение высоты стволиков растений проводилось с помощью мерной рейки, а диаметр стволиков у шейки корня — штангенциркулем. Измерение приростов осевых побегов за пять последних календарных лет осуществляли при помощи стальной линейки

Результаты и обсуждение

В исследуемых семилетних культурах доля ели в составе насаждения достигает четырех ед., в пятилетних — от двух до четырех ед. Естественное возобновление лиственных пород благодаря своевременному осветлению располагается преимущественно в междурядьях и ко времени проведения исследования не угнетает культивируемые растения. К семилетнему возрасту средняя высота культур составляла 139 см, средний диаметр ствола у шейки корня — 2,2 см. Лесные культуры достигли существенно большей высоты, определяемой по достижении ими восьмилетнего возраста, при отнесении их к землям, на которых расположены леса (табл. 1).

Наибольшей средней высоты к пятилетнему возрасту достигли искусственные насаждения на пробной площади № 3 (84 см), наименьшей — на участке № 4 (57 см). Средний диаметр стволика культивируемых растений варьирует от 1,0 до 1,4 см. На пробной площади № 2 отмечен наибольший средний диаметр стволиков (1,4 см), на участке № 4 — наименьший (1,0 см).

Т а б л и ц а 1

Характеристика посадок ели европейской
Characteristics of European spruce plantings

№ п/п	Возраст культур, лет	Возраст сеянцев при посадке, лет	Исходная густота, тыс. шт./га	Сохранность, %	Состав насаждения	Средняя высота стволика, см	Средний диаметр стволика, см
1	7	1	2000	68	4Е3Ос2Олс1Б	139 ± 3	2,2 ± 0,2
2	5	2	2042	82	4Е1Е*1С3Ос1Б+Ив	79 ± 1	1,4 ± 0,1
3	5	2	2081	71	2Е1Е*5Б1Ив1Олс	84 ± 2	1,3 ± 0,1
4	5	2	2081	98	4Е5Ив1Б	57 ± 1	1,0 ± 0,1

*Ель естественного происхождения (самосев).

Т а б л и ц а 2

Прирост осевого побега ели в культурах
Spruce axial shoot growth in the crops

Номер пробной площади	Прирост в высоту по календарным годам, см				
	2017	2018	2019	2020	2021
1	14,1 ± 1,4	17,6 ± 1,7	20,3 ± 1,7	26,5 ± 2,4	32,5 ± 2,7
2	8,5 ± 0,7	11,7 ± 0,8	15,8 ± 1,0	25,8 ± 1,0	24,4 ± 1,2
3	6,9 ± 0,8	11,1 ± 0,8	14,9 ± 1,2	23,3 ± 1,7	27,4 ± 1,8
4	3,8 ± 0,3	7,0 ± 0,5	9,7 ± 0,8	17,3 ± 1,0	18,3 ± 1,0

Т а б л и ц а 3

Изменчивость биометрических показателей лесных культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой (V, %)

Variability of biometric indices of forest crops created by seedlings with root-balled tree system (V, %)

Номер пробной площади	Средняя высота стволика	Диаметр стволика у шейки корня	Изменчивость прироста терминального побега в высоту по календарным годам				
			2017	2018	2019	2020	2021
1	36	37	48	46	41	43	41
2	32	24	53	50	45	26	36
3	34	29	57	37	42	37	34
4	33	20	32	36	42	29	26

Т а б л и ц а 4

Зависимость прироста апикального побега ели в культурах от календарного года его образования

Dependence of spruce apical shoot growth in crops on the calendar year of its formation

Источник вариации	Дисперсия SS	Степень свободы df	Варианса MS	Критерий Фишера	
				F _ф	F ₀₅
Между группами	874,2	4	218,6	10,0	3,1
Внутри групп	327,8	15	21,9	–	–
Итого:	1202,1	19	–	–	–

Для исследуемых искусственных насаждений характерна тенденция увеличения ежегодного прироста терминального побега, что свидетельствует об отсутствии у культивируемых растений существенных затруднений в росте. Максимальный средний прирост наблюдался в 2021 г., наименьший — в 2017 г. (табл. 2).

Максимальная изменчивость по высоте стволиков культивируемых растений отмечена в семилетних культурах — коэффициент вариации $V = 36\%$, наименьшая в пятилетних — на участке № 2 ($V = 32\%$). В целом уровень изменчивости по шкале С.А. Мамаева — высокий (табл. 3). На пробной площади № 1 наблюдалась наибольшая изменчивость по диаметру стволика лесных культур ($V = 37\%$), на участке № 2 — наименьшая

Т а б л и ц а 5

Метеорологические показатели за годы образования апикальных побегов**Meteorological indicators for the years of apical shoot formation**

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021
Число дней с осадками за год, сут	100	95	98	103	99
Число дней с осадками в мае, сут	6	6	6	12	7
Число дней с осадками в июне, сут	11	7	8	5	3
Количество осадков в мае, мм	44	56	32	137	65
Количество осадков в июне, мм	129	43	51	61	31
Число пасмурных дней, сут	240	209	217	211	198
Число ясных дней за год, сут	25	61	50	52	68
Число ясных дней в июне, сут	2	7	8	12	7
Средняя температура воздуха в дневные часы в июне, °С	15	18	21	20	25
Сумма активных температур выше +10 °С, °С	1592	2107	1814	2020	2036,5
Относительная влажность воздуха, %	941	886	923	930	918
Относительная влажность воздуха в мае, %	61	62	60	71	67
Относительная влажность воздуха в июне, %	74	67	64	67	61

($V = 20\%$). При наибольшей флуктуации высоты и диаметра стволика растений на пробной площади № 1 характерной особенностью была их низкая сохранность (68 %) и, напротив, на пробных площадях № 2 и № 4 — высокая. На пробных площадях № 2 и № 4 в период 2020–2021 гг. вариация прироста была низкой и сохранность составила 82 и 98 % соответственно, что указывает на отсутствие выраженных факторов, лимитирующих рост и снижающих сохранность.

Таким образом, снижение уровня флуктуации прироста терминального побега с возрастом характерно для всех исследуемых участков. Изменчивость интенсивности прироста указывает на значительное положительное влияние проводимых осветлений, а также на успешную адаптацию высаженных на лесокультурную площадь растений.

Влияние возраста (календарного года его образования) на прирост растений по высоте оценено с помощью дисперсионного анализа (табл. 4).

Влияние фактора года образования побега на величину его прироста достоверно на 5%-м уровне значимости ($F_{\phi} = 10,0 > F_{05} = 3,1$). Этим фактором обусловлено 73 % общей дисперсии признака. Корреляционное отношение ($\eta = 0,85$) свидетельствует о высокой зависимости прироста апикального побега от года его образования.

Рост апикального побега зависит не только от возраста растений, но и от метеорологических условий. Наиболее полную оценку их влияния на рост ели в культурах можно дать в результате детального анализа различных метеорологических показателей, в частности гидротермических факторов (табл. 5).

Т а б л и ц а 6

Метеорологические показатели и их связь с показателем роста апикальных побегов за годы их образования**Meteorological parameters and their relationship with the growth rate of apical shoots in the years of their formation**

Показатель	Коэффициент корреляции r
Число дней с осадками в мае	0,52
Число дней с осадками в июне	-0,80
Количество осадков в мае	0,52
Количество осадков в июне	-0,55
Число ясных дней в июне	0,59
Средняя температура воздуха в дневные часы в июне	0,74
Сумма активных температур выше +10 °С	0,51
Относительная влажность воздуха в мае	0,70
Относительная влажность воздуха в июне	-0,64

Ввиду того, что рост апикальных побегов происходит весной и в начале лета, особое внимание при проведении исследований было уделено показателям метеорологических условий в мае и июне (табл. 6).

Результаты корреляционного анализа указывают на то, что рост апикальных побегов усиливается при увеличении количества дней с осадками в мае, а также их объема, однако снижается при их увеличении в июне. В первый летний месяц прирост апикального побега увеличивается при ясной погоде. В это же время проявляется положительное влияние средней температуры воздуха

в дневные часы. Сумма активных температур вегетационного периода также умеренно связана с ростом осевого побега. Значительная положительная зависимость отмечена от относительной влажности воздуха в мае, однако в июне эта связь носит обратный характер.

Выводы

Метеорологические факторы существенно влияют на рост культур ели, созданных сеянцами с ЗКС в фазе их индивидуального роста. Наибольшее влияние оказывают сумма активных температур вегетационного периода, осадки, относительная влажность воздуха в мае и июне и средняя температура воздуха в дневные часы. При этом рост апикальных побегов усиливается при увеличении количества дней с осадками в мае, однако снижается при их увеличении в июне. Значительная положительная зависимость отмечена от относительной влажности воздуха в мае, при этом повышенная влажность воздуха в июне приводит к снижению роста культур ели.

Список литературы

- Grossnickle S.C., MacDonald J.E. Why seedlings grow: influence of plant attributes // *New Forests*, 2018, no. 9, pp. 1–34.
- Сабиров А.М., Файзрахманов Д.И., Газизов Р.А., Минниханов А.Р. Значение выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в лесоразведении и лесовосстановлении // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*, 2016. Т. 11. № 1(39). С. 58–61.
- Братилова Н.П., Коротков А.А., Коновалова Д.А. Влияние субстрата на рост и развитие сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой // *Хвойные бореальной зоны*, 2022. Т. 40. № 5. С. 347–352.
- Morkovina S.S., Kunickaya O.A., Dolmatova L.G., Markov O.B., Nguyen V.L., Baranova T.U., Shadrina S.S., Grin'ko O. Comparative Analysis of Economic Aspects of Growing Seedlings with Closed and Open Root Systems // *The Experience of Russia*, 2021, no. 1, pp. 19–26.
- Repac I., Belko M., Krajmerova D., Paule L. Planting time, stocktype and additive effects on the development of spruce and pine plantations in Western Carpathian Mts. // *New Forests*, 2021, no. 52, pp. 449–472.
- Banach J., Małek S., Kormanek M., Durlo G. Growth of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* (L.) Karst. seedlings grown in hiko containers in the first year after planting // *Sustainability*, 2020, no. 12(17), p. 7155.
- Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика искусственного лесовосстановления. Архангельск: Изд-во САФУ, 2011. 239 с.
- Wilson E.R., Vitols K.C., Park A. Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada // *New Forests*, 2007, no. 34, pp. 163–176.
- Ajuna H.B. Biological control of leaf blight disease caused by *pestalotiopsis maculans* and growth promotion of *Quercus acutissima* carruth container seedlings using *Bacillus velezensis* CE 100 // *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, no. 22, p. 11296.
- Волотович А.А., Поплавская Л.Ф., Ребко С.В., Тулик П.В. Сравнительные показатели роста сортовых сеянцев сосны обыкновенной с ЗКС // *Лесное хозяйство: Тез. 82-й науч.-техн. конф. с междунар. участием*, Минск, 01–14 февраля 2018 г. Минск: Изд-во БГТУ, 2018. С. 56.
- Бобушкина С.В., Сеньков А.О., Файзулин Д.Х. Практика выращивания лесного посадочного материала с закрытой корневой системой применительно к тепличным комплексам Архангельской области // *Вопросы лесной науки*, 2020. Т. 3. № 4. С. 1–16.
- Narayana H., Tobita H., Kitao M., Kon H. Enhanced summer planting survival of Japanese larch container-grown seedlings // *Forests*, 2021, no. 12, p. 1115.
- Grossnickle S.C., El-Kassaby Y.A. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison // *New Forests*, 2016, no. 47, pp. 1–51.
- Авдеева Е.В., Ровных Н.Л., Иванов Д.В., Сухенко Н.В., Кухар И.В., Калинин М.Д. Российский и мировой опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой // *Хвойные бореальной зоны*, 2022. Т. XL. № 4. С. 250–258.
- Трегубов О.В., Лактионов А.П., Мизин Ю.А., Комарова О.В., Похваленко В.А. Опыт создания лесных культур с закрытой корневой системой в зарубежных странах // *Астраханский вестник экологического образования*, 2022. № 4(70). С. 179–189.
- Евдокимов И.В., Хайдукова И.А., Карбасникова Е.Б. Сравнительная оценка роста лесных культур ели европейской, созданных различными технологиями // *Символ науки: междунар. науч. журн.*, 2018. № 9. С. 8–11.
- Петухов И.Н. Лесоводственная эффективность создания лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой в условиях Костромской области // *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник*, 2011. № 3. С. 33–35.
- Жигунов А.В., Данилов Д.А., Шестакова Т.А., Неворовский В.Ю. Влияние вида посадочного материала на рост насаждений ели и сосны на постагрогенных землях северо-запада России // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2016. № 3(31). С. 30–39.
- Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. Состояние и рост лесных культур сосны и ели, созданных из посадочного материала с открытыми и закрытыми корнями в средней и северной подзонах тайги Архангельской области // *Тр. Санкт-Петербургского науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства*. 2016. № 1. С. 64–71.
- Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Содбоева С.Ч. Сравнительные результаты использования сеянцев сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой при искусственном лесовосстановлении в условиях Западного Забайкалья // *Успехи современного естествознания*, 2021. № 11. С. 7–12.
- Граник А.М., Крук Н.К. Рост лесных культур сосны обыкновенной в зависимости от сроков посадки и вида посадочного материала // *Труды БГТУ*. Серия 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов, 2018. № 2(210). С. 85–90.
- Юренин А.В., Якимов Н.И. Использование сеянцев с закрытой корневой системой для биологической рекультивации иловых прудов УП «Минскводоканал» // *Труды БГТУ*. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов, 2022. № 1(252). С. 53–57.
- Проказин Н.Е., Родин С.А., Казаков В.И., Лобанова Е.Н., Казаков И.В. Совершенствование технологий выращивания посадочного материала и лесовосстановле-

- ния на горельниках // Лесохозяйственная информация, 2019. № 3. С. 38–47.
- [24] Хватов П.В., Голубев М.А., Рыжова Н.В., Шутов В.В. Эффективность культур ели, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Костромской области // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2018. Т. 6, № 3(39). С. 44–49.
- [25] Кабанова С.А., Кабанов А.Н., Хасенов А.А., Данченко М.А. Научное сопровождение производственных опытов в лесных культурах зеленого пояса г. Нур-Султан // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство, 2019. Т. 14. № 4. С. 437–452.
- [26] Гоф, А.А., Жигулин Е.В., Залесов С.В. Причины низкой приживаемости сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая // Успехи современного естествознания, 2019. № 12. С. 9–13.
- [27] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Клишина Л.И., Храмова О.Ю., Быченкова Т.Н., Горелова З.В., Соколова А.А. и др. Пигментный состав хвои сеянцев сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. Т. 4. С. 36–51.
- [28] Гоф А.А., Жигулин Е.В., Залесов С.В., Оплетев А.С. Опыт создания лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой на гарях Алтайского края // Международный научно-исследовательский журнал, 2019. № 12–2(90). С. 125–130.
- [29] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Клишина Л.И., Храмова О.Ю., Быченкова Т.Н., Горелова З.В., Соколова А.А., Кентбаев Е.Ж., Кентбаева Б.А., Шабалина М.В. Морфометрические параметры сеянцев сосны с открытой и закрытой корневой системой // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. Т. 4. С. 52–67.
- [30] Ананьев Е.М., Залесов С.В., Луганский Н.А. и др. Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Алтайском крае // Аграрный вестник Урала, 2017. № 8(162). С. 4–9.
- [31] Трегубов О.В., Лактионов А.П., Мизин Ю.А., Комарова О.В., Пилипенко В.Н., Похваленко В.А. Опыт создания лесных культур с закрытой корневой системой в степной и лесостепной зонах юга Российской Федерации // Астраханский вестник экологического образования, 2022. № 5(71). С. 203–211.
- [32] Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А., Хайдукова И.А. Лесоводственная оценка роста лесных культур ели, созданных различным видом посадочного материала // Евразийский союз ученых, 2021. № 4–7(85). С. 12–18.
- [33] Хамитов Р.С., Бабич Н.А., Енальский А.П. Изменчивость качества семян ели на лесосеменной плантации в зоне интрогрессивной гибридизации. Вологда; Молочное: Изд-во Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина, 2017. 132 с.
- [34] Тетерин А.А. Влияние аномальных погодных явлений на рост и развитие лиственницы сибирской // Аграрный вестник Урала, 2012. № 11–1 (103). С. 58–59.
- [35] Ананьев Е.М., Залесов С.В., Луганский Н.А., Шубин Д.А., Осипенко А.Е. Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Алтайском крае // Аграрный вестник Урала, 2017. № 8 (162). С. 4–9.
- [36] Сироткин Ю.Д., Праходский А.Н. Сезонный рост ели в подпологовой культуре // Лесоведение и лесное хозяйство: респ. межвед. сб. Вып. 5. Минск: Вышэйшая школа, 1972. С. 36–43.
- [37] Турчина Т.А., Банникова О.А. Роль погодных условий в эффективности искусственного лесовосстановления на песках Казанско-Вешенского массива // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 18–20 октября 2018 г. Волгоград: Изд-во Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2018. С. 208–212.
- [38] Нигматуллин И.С. Прирост древесных пород в зависимости от метеорологических и гидрологических условий // Вопросы лесной биогеоэкологии, экологии и охраны природы в степной зоне, 1977. Вып. 2. С. 49–56.

Сведения об авторах

Белова Анастасия Ивановна — аспирант кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», belovanastia2017@yandex.ru

Лебедев Евгений Валентинович — д-р с.-х. наук, профессор кафедры лесных культур, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», g.s.khamtov@mail.ru

Хамитов Ренат Салимович — д-р с.-х. наук, профессор кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», g.s.khamtov@mail.ru

Поступила в редакцию 14.04.2023.

Одобрено после рецензирования 02.06.2023.

Принята к публикации 18.07.2023.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON SPRUCE CROPS GROWTH WITH ROOT-BALLED TREE SYSTEM

A.I. Belova¹, E.V. Lebedev², R.S. Khamitov¹✉

¹Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, 2, Shmidt st., Vologda, 160555, Molochnoe village, Russia

²Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97, Gagarin av., 603107, Nizhny Novgorod, Russia

r.s.khamitov@mail.ru

The assessment results of the five- and seven-year-old European spruce crops growth in the Gryazovetsky district of the Vologda region, created by one- and two-year-old seedlings with a root-balled tree system with improved hereditary properties, are presented. It is noted that in the studied seven year-old crops, the proportion of spruce in the plantation composition reaches four points, and in five-year-old — from two to four points. Natural renewal of hardwoods due to timely clearing is located mainly in the inter-row spacings and, by now, does not depress cultivated plants. All the surveyed sites are characterized by a tendency to increase the annual growth of terminal shoot, as well as a decrease in the level of its fluctuation with age. The correlation ratio ($\eta = 0,85$) indicates a high dependence of the growth of the axial shoot on the year of its formation. It is shown that meteorological factors influence the growth of spruce crops created by seedlings with a root-balled tree system in the phase of their individual growth. The greatest influence is the sum of the active temperatures of the growing season, precipitation, relative humidity in May and June and the average air temperature in the daytime. At the same time, the growth of axial shoots increases with an increase in the number of days with precipitation in May, but decreases with their increase in June. A significant positive dependence of the increase was noted on the relative humidity of the air in May, however, increased humidity in June leads to a decrease in the growth of spruce crops.

Keywords: European spruce, forest crops, seedlings with a closed root system, meteorological factors

Suggested citation: Belova A.I., Lebedev E.V., Khamitov R.S. *Vliyanie meteorologicheskikh usloviy na rost kul'tur eli s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Influence of meteorological conditions on spruce crops growth with root-balled tree system]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 5, pp. 100–108. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-5-100-108

References

- [1] Grossnickle S. C., MacDonald J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, 2018, no. 49, pp. 1–34.
- [2] Sabirov A.M., Fayzrakhmanov D.I., Gazizov R.A., Minnikhanov A.R. *Znachenie vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v lesorazvedenii i lesovosstanovlenii* [The importance of growing planting material with a closed root system in afforestation and reforestation]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Kazan State Agrarian University], 2016, v. 11, no. 1 (39), pp. 58–61.
- [3] Bratilova N.P., Korotkov A.A., Konovalova D.A. *Vliyanie substrata na rost i razvitie seyantsev sosny kedrovoy sibirskoy s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Influence of the Substrate on the Growth and Development of Seedlings of the Siberian Cedar Pine with a Closed Root System]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal zone], 2022, v. 40, no. 5, pp. 347–352.
- [4] Morkovina S.S., Kunickaya O.A., Dolmatova L.G., Markov O.B., Nguyen V.L., Baranova T.U., Shadrina S.S., Grin'ko O. Comparative Analysis of Economic Aspects of Growing Seedlings with Closed and Open Root Systems // *The Experience of Russia*, 2021, no. 1, pp. 19–26.
- [5] Repac I., Belko M., Krajmerova D., Paule L. Planting time, stocktype and additive effects on the development of spruce and pine plantations in Western Carpathian Mts. *New Forests*, 2021, no. 52, pp. 449–472.
- [6] Banach J., Malek S., Kormanek M., Durlo G. Growth of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* (L.) Karst. seedlings grown in hiko containers in the first year after planting. *Sustainability*, 2020, no. 12(17), p. 7155.
- [7] Merzlenko M.D., Babich N.A. *Teoriya i praktika iskusstvennogo lesovosstanovleniya* [Theory and practice of artificial reforestation]. Arkhangel'sk: NArFU, 2011, 239 p.
- [8] Wilson E.R., Vitols K.C., Park A. Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada // *New Forests*, 2007, no. 34, pp. 163–176.
- [9] Ajuna H.B. Biological control of leaf blight disease caused by pestalotiopsis maculans and growth promotion of *Quercus acutissima* carruth container seedlings using *Bacillus velezensis* CE 100 // *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, no. 22, p. 11296.
- [10] Volotovich A.A., Poplavskaya L.F., Rebko S.V., Tupik P.V. *Sravnitel'nye pokazateli rosta sortovykh seyantsev sosny obyknovennoy s ZKS* [Comparative indicators of growth of varietal seedlings of Scotch pine with ZKS]. *Lesnoe khozyaystvo: Tez. 82-y nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Forestry: tez. 82nd Scientific and Technical. conf. with international participation], Minsk, February 01–14, 2018. Minsk: Publishing house of BSTU, 2018, p. 56.
- [11] Bobushkina S.V., Sen'kov A.O., Fayzulin D.Kh. *Praktika vyrashchivaniya lesnogo posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy primenitel'no k teplichnym kompleksam Arkhangel'skoy oblasti* [The practice of growing forest planting material with a closed root system in relation to greenhouse complexes of the Arkhangel'sk region]. *Voprosy lesnoy nauki* [Questions of forest science], 2020, v. 3, no. 4, pp. 1–16.
- [12] Harayama, H., Tobita H., Kitao M., Kon H. Enhanced summer planting survival of Japanese larch container-grown seedlings // *Forests*, 2021, no. 12, p. 1115.
- [13] Grossnickle S.C., El-Kassaby Y.A. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison // *New Forests*, 2016, no. 47, pp. 1–51.
- [14] Avdeeva E.V., Rovnykh N.L., Ivanov D.V., Sukhenko N.V., Kukhar I.V., Kalinin M.D. *Rossiyskiy i mirovoy opyt vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Russian and world experience in growing planting material with a closed root system]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal zone], 2022, v. XL, no. 4, pp. 250–258.

- [15] Tregubov O.V., Laktionov A.P., Mizin Yu.A., Komarova O.V., Pokhvalenko V.A. *Opyt sozdaniya lesnykh kul'tur s zakrytoy kornevoy sistemoy v zarubezhnykh stranakh* [Experience in creating forest plantations with a closed root system in foreign countries]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], 2022, no. 4(70), pp. 179–189.
- [16] Evdokimov I.V., Khaydukova I.A., Karbasnikova E.B. *Sravnitel'naya otsenka rosta lesnykh kul'tur eli evropeyskoy, sozdannykh razlichnymi tekhnologiyami* [Comparative assessment of the growth of European spruce forest cultures created by various technologies]. *Simvol nauki: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal* [Symbol of Science: International Scientific Journal], 2018, no. 9, pp. 8–11.
- [17] Petukhov I.N. *Lesovodstvennaya effektivnost' sozdaniya lesnykh kul'tur seyantsami s zakrytoy kornevoy sistemoy v usloviyakh Kostromskoy oblasti* [Silvicultural efficiency of creating forest crops by seedlings with a closed root system in the conditions of the Kostroma region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2011, no. 3, pp. 33–35.
- [18] Zhigunov A.V., Danilov D.A., Shestakova T.A., Neverovskiy V.Yu. *Vliyaniye vida posadochnogo materiala na rost nasazhdeniy eli i sosny na postagrogennykh zemlyakh severo-zapada Rossii* [Influence of the type of planting material on the growth of spruce and pine plantations on post-agrogenic lands in the north-west of Russia]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management], 2016, no. 3(31), pp. 30–39.
- [19] Mochalov B.A., Bobushkina S.V. *Sostoyaniye i rost lesnykh kul'tur sosny i eli, sozdannykh iz posadochnogo materiala s otkrytymi i zakrytymi kornyami v sredney i severnoy podzonakh taygi Arkhangel'skoy oblasti* [Status and growth of forest plantations of pine and spruce, created from planting material with open and closed roots in the middle and northern subzones of the taiga of the Arkhangel'sk region]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry], 2016, no. 1, pp. 64–71.
- [20] Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sodboeva S.Ch. *Sravnitel'nye rezul'taty ispol'zovaniya seyantsev sosny obyknovennoy s otkrytoy i zakrytoy kornevoy sistemoy pri iskusstvennom lesovosstanovlenii v usloviyakh Zapadnogo Zabaykal'ya* [Comparative results of the use of Scotch pine seedlings with open and closed root systems in artificial reforestation in the conditions of Western Transbaikalia]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2021, no. 11, pp. 7–12.
- [21] Granik A.M., Kruk N.K. *Rost lesnykh kul'tur sosny obyknovennoy v zavisimosti ot srokov posadki i vida posadochnogo materiala* [The growth of forest cultures of Scotch pine depending on the timing of planting and the type of planting material]. *Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyаемых resursov* [Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, nature management and processing of renewable resources], 2018, no. 2(210), pp. 85–90.
- [22] Yurenya A.V., Yakimov N.I. *Ispol'zovanie seyantsev s zakrytoy kornevoy sistemoy dlya biologicheskoy rekul'tivatsii ilovykh prudov up «Minskvodokanal»* [The use of seedlings with a closed root system for the biological reclamation of silt ponds of the unitary enterprise «Minskvodokanal»]. *Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyаемых resursov* [Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, nature management and processing of renewable resources], 2022, no. 1(252), pp. 53–57.
- [23] Prokazin N.E., Rodin S.A., Kazakov V.I., Lobanova E.N., Kazakov I.V. *Sovershenstvovanie tekhnologiy vyrashchivaniya posadochnogo materiala i lesovosstanovleniya na gorel'nikakh* [Improving the technologies for growing planting material and reforestation on burnt areas]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry Information], 2019, no. 3, pp. 38–47.
- [24] Khvatov P.V., Golubev M.A., Ryzhova N.V., Shutov V.V. *Effektivnost' kul'tur eli, sozdannykh posadochnym materialom s zakrytoy kornevoy sistemoy v usloviyakh Kostromskoy oblasti* [The effectiveness of spruce crops created by planting material with a closed root system in the conditions of the Kostroma region]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2018, v. 6, no. 3(39), pp. 44–49.
- [25] Kabanova S.A., Kabanov A.N., Khasenov A.A., Danchenko M.A. *Nauchnoe soprovozhdeniye proizvodstvennykh opytov v lesnykh kul'turakh zelenogo poyasa g. Nur-Sultan* [Scientific support of production experiments in the forest cultures of the green belt of Nur-Sultan]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry], 2019, v. 14, no. 4, pp. 437–452.
- [26] Gof A.A., Zhigulin E.V., Zalesov S.V. *Prichiny nizkoy prizhivaemosti seyantsev sosny obyknovennoy s zakrytoy kornevoy sistemoy v lentochnykh borakh Altaya* [Reasons for the low survival rate of Scots pine seedlings with a closed root system in the ribbon forests of Altai]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural sciences], 2019, no. 12, pp. 9–13.
- [27] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Klishina L.I., Khramova O.Yu., Bychenkova T.N., Gorelova Z.V., Sokolova A.A. et al. *Pigmentnyy sostav khvoi seyantsev sosny obyknovennoy s otkrytoy i zakrytoy kornevoy sistemoy* [Pigment composition of needles of Scotch pine seedlings with an open and closed root system]. *Vestnik NGSKhA*, 2014, v. 4, pp. 36–51.
- [28] Gof A.A., Zhigulin E.V., Zalesov S.V., Opletaev A.S. *Opyt sozdaniya lesnykh kul'tur seyantsami s zakrytoy kornevoy sistemoy na garyakh Altayskogo kraya* [Experience in creating forest crops with seedlings with a closed root system in the burned areas of the Altai Territory]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal], 2019, no. 12–2 (90), pp. 125–130.
- [29] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Klishina L.I., Khramova O.Yu., Bychenkova T.N., Gorelova Z.V., Sokolova A.A., Kentbaev E.Zh., Kentbaeva B.A., Shabalina M.V. *Morfometricheskie parametry seyantsev sosny s otkrytoy i zakrytoy kornevoy sistemoy* [Morphometric parameters of pine seedlings with an open and closed root system]. *Vestnik NGSKhA*, 2014, v. 4, pp. 52–67.
- [30] Anan'ev E.M., Zalesov S.V., Luganskiy N.A. *Opyt vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v Altayskom krae* [Experience in growing planting material with a closed root system in the Altai Territory]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2017, no. 8(162), pp. 4–9.
- [31] Tregubov O.V., Laktionov A.P., Mizin Yu.A., Komarova O.V., Pilipenko V.N., Pokhvalenko V.A. *Opyt sozdaniya lesnykh kul'tur s zakrytoy kornevoy sistemoy v stepnoy i lesostepnoy zonakh yuga Rossiyskoy Federatsii* [Experience in creating forest plantations with a closed root system in the steppe and forest-steppe zones of the south of the Russian Federation]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], 2022, no. 5(71), pp. 203–211.

- [32] Karbasnikova E.B., Karbasnikov A.A., Khaydukova I.A. *Lesovodstvennaya otsenka rosta lesnykh kul'tur eli, sozdannykh razlichnym vidom posadochnogo materiala* [Forestry assessment of the growth of spruce forest plantations created by various types of planting material]. *Evraziyskiy soyuz uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], 2021, no. 4–7(85), pp. 12–18.
- [33] Khamitov R.S., Babich N.A., Enal'skiy A.P. *Izmenchivost' kachestva semyan eli na lesosemennoy plantatsii v zone introgressivnoy gibridizatsii* [Variability in the quality of spruce seeds on a forest seed plantation in the zone of introgressive hybridization]. Vologda-Dairy: Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, 2017, 132 p.
- [34] Teterin A.A. *Vliyaniye anomal'nykh pogodnykh yavleniy na rost i razvitie listvennitsy sibirskoy* [Influence of abnormal weather phenomena on the growth and development of Siberian larch]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2012, no. 11–1 (103), pp. 58–59.
- [35] Anan'ev E.M., Zalesov S.V., Luganskiy N.A., Shubin D.A., Osipenko A.E. *Opyt vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v Altayskom krae* [Experience in growing planting material with a closed root system in the Altai Territory]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2017, no. 8 (162), pp. 4–9.
- [36] Sirotkin Yu.D., Prakhodskiy A.N. *Sezonnyy rost eli v podpologovoy kul'ture* [Seasonal growth of spruce in the undercover culture]. *Lesovedenie i lesnoe khozyaystvo: respublikanskiy mezhvedomstvennyy sbornik* [Forest science and forestry: republican interdepartmental collection]. Minsk: Higher School, 1972, iss. 5, pp. 36–43.
- [37] Turchina T.A., Bannikova O.A. *Rol' pogodnykh usloviy v effektivnosti iskusstvennogo lesovosstanovleniya na peskakh Kazansko-Veshenskogo massiva* [The role of weather conditions in the effectiveness of artificial reforestation on the sands of the Kazan-Veshensky massif]. *Agroekologiya, melioratsiya i zashchitnoe lesorazvedenie: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Agroecology, melioration and protective afforestation: materials of the International Scientific and Practical Conference], Volgograd, October 18–20, 2018. Volgograd: Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, 2018, pp. 208–212.
- [38] Nigmatullin I.S. *Prirost drevesnykh porod v zavisimosti ot meteorologicheskikh i gidrologicheskikh usloviy* [Growth of tree species depending on meteorological and hydrological conditions]. *Voprosy lesnoy biogeotsenologii, ekologii i okhrany prirody v stepnoy zone* [Questions of forest biogeocenology, ecology and nature conservation in the steppe zone], 1977, iss. 2, pp. 49–56.

Authors' information

Belova Anastasiya Ivanovna — pg., Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, belovanastia2017@yandex.ru

Lebedev Evgeniy Valentinovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, r.s.khamtov@mail.ru

Khamitov Renat Salimovich✉ — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, r.s.khamtov@mail.ru

Received 14.04.2023.

Approved after review 02.06.2023.

Accepted for publication 18.07.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest