

Научная статья
УДК 630.232.329.6
EDN NCTTCK
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.2.06

Влияние пикировки и стимуляторов роста на биометрические показатели сеянцев берёзы повислой с закрытой корневой системой

Евгений Владимирович Татун¹

Вадим Валерьевич Носников²

кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. В статье рассмотрена степень влияния пикировки и применения регуляторов роста на биометрические показатели однолетних сеянцев берёзы повислой с закрытой корневой системой.

На первом этапе определяли оптимальный размер растений берёзы повислой для пикировки, для чего проводили пересадку всходов высотой 1, 2, 3 и 4 см. Установлено, что оптимальная высота сеянцев для пикировки составляет около 2 см. Сеянцы такой высоты имели лучшие биометрические показатели по сравнению с другими вариантами и характеризовались более высоким сходством ростовых процессов с сеянцами, выращенными непосредственно в ячейках кассеты. В 2023 г. пикированные сеянцы уступали по абсолютно сухой массе сеянцам, полученным путём прямого посева, на 23%, в 2024 г. – на 12%.

На втором этапе устанавливали влияние обработки сеянцев регуляторами роста Циркон и Эпин-экстра на сохранность пикированных растений берёзы повислой и их дальнейший рост. Обработка стимулятором Циркон (1 мл/10 л) сразу после пикировки устранила разницу в массе между пикированными сеянцами и сеянцами, полученными при прямом посеве семян в ячейки. У сеянцев, обработанных Эпин-экстра (1 мл/5 л), не наблюдалось изменений в ростовых процессах. По массе они уступали на 13% сеянцам, полученным путём прямого посева семян в ячейки.

Ключевые слова: берёза повислая, сеянцы, кассеты, пикировка, стимуляторы роста.

Для цитирования: Татун Е.В., Носников В.В. Влияние пикировки и стимуляторов роста на биометрические показатели сеянцев берёзы повислой с закрытой корневой системой. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2025. № 2. С. 94–104. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.2.06. <https://elibrary.ru/ncttck>.

¹ Белорусский государственный технологический университет, аспирант кафедры лесных культур и почвоведения (Минск, Республика Беларусь), evgeniy.tatun@mail.ru

² Белорусский государственный технологический университет, доцент кафедры лесных культур и почвоведения (Минск, Республика Беларусь), nosnikov@belstu.by.

Original article

EDN NCTTCK

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.2.06

The Influence of Transplanting and Growth Stimulants on the Biometric Parameters of Containerized Silver Birch Seedlings

Evgeny V. Tatun¹

Vadim V. Nosnikov²

Candidate of Agricultural Sciences

Abstract. The aim of the study was to determine the degree of pricking out influence and joint application of growth regulators on biometric indices of annual containerized silver birch.

At the first stage, we investigated the optimal size of birch seedlings for transplanting of 1, 2, 3 and 4 cm in size. We found that the optimum size for transplanting was about 2 cm. Seedlings of this size demonstrated higher biometric parameters after the end of vegetation compared to other variants, and their growth processes resembled those of seedlings sown directly into cells. Direct-sown seedlings outperformed transplanting seedlings by 26% in average absolute dry weight in 2023 and by 12% in 2024.

At the second stage, we determined the effect of treatment with growth regulators Zircon and Epin-extra on the survival of pricking out birch plants and their further growth. Treatment with Zircon stimulant (1 ml/10 L) immediately after transplanting eliminated the difference in mass between transplanting seedlings and seedlings sown directly into cells. Seedlings treated with Epin-extra (1 ml/5 L) showed no changes in growth processes. They were 13% inferior in weight to seedlings obtained by direct sowing.

Key words: silver birch, seedlings, cassettes, picking, growth stimulants.

For citation: Tatun E., Nosnikov V. The Influence of Transplanting and Growth Stimulants on the Biometric Parameters of Containerized Silver Birch Seedlings. – Text : electronic // Forestry information. 2025. № 2. P. 94–104. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.2.06. <https://elibrary.ru/ncttck>.

¹ Belarusian State Technological University, Postgraduate student of the Department of Forest Crops and Soil Science (Minsk, Republic of Belarus), evgeniy.tatun@mail.ru

² Belarusian State Technological University, Associate Professor of the Department of Forest Crops and Soil Science (Minsk, Republic of Belarus), nosnikov@belstu.by

Введение

Берёза повислая характеризуется плохим качеством посевного материала, что связано с изначально низкой всхожестью семян и утратой этой способности при хранении [1–3]. Выращивание сеянцев в кассетах может стать причиной снижения выхода стандартных сеянцев. Преодолеть негативные последствия низкого качества посевного материала при посеве его в кассеты можно по-разному, например, используя различные способы подготовки семян к посеву, которые повышают их всхожесть [4, с. 127; 6–7; 8, с. 310–311]. Так, в Польше для питомников рекомендуется осуществлять разделение семян гравитационным сепаратором или ацетоном на фракции, обескрыливание отборных семян и последующее их дражирование для облегчения автоматизации посева в кассеты [1; 4, с. 127–128].

В обычной практике в питомниках в одну ячейку высевает несколько семян (2–3 шт.) [4, с. 128; 9, с. 87]. Однако при этом часть ячеек может остаться без всходов или иметь несколько сеянцев в одной ячейке, что увеличивает трудозатраты на разреживание посевов. Выращивание нескольких сеянцев в одной ячейке ведет к деформации и скрученности корневых систем, ухудшению роста сеянцев, а увеличение доли пустых ячеек – к повышению себестоимости выхода посадочного материала [10]. В питомниках, наряду с посевом семян непосредственно в ячейки, пикируют небольшие сеянцы берёзы, полученные изначально из семян в лотках, после чего их выращивают в условиях закрытого грунта на протяжении 3-х недель [11, 12].

Пикировка – это важный агротехнический приём, обеспечивающий растениям равные условия для роста и развития и гарантирующий наиболее полное и равномерное заполнение сеянцами ячеек. Его применяют при выращивании сеянцев таких древесных пород, как сосна обыкновенная и пихта белая [13, 14]. Однако в доступных источниках информации отсутствуют данные о высоте сеянцев берёзы повислой, которые используют для пикировки, а также о сравнении данного способа с посевом семян

непосредственно в ячейки. Поэтому целесообразность внедрения пикировки сеянцев в производство посадочного материала берёзы повислой требует дополнительного обоснования.

Цель исследований – определение возможности пикировки всходов берёзы повислой разной высоты, предварительно выращенных в лотках, в заполненные субстратом кассеты, а также оценка влияния обработки стимуляторами роста пикированных сеянцев на их биометрические показатели.

Объект и методы исследований

Объект исследования – однолетние сеянцы берёзы повислой с закрытой корневой системой (ЗКС), выращенные в лесном питомнике Друйского лесничества (Браславский район, Витебская обл., GPS 55.744314, 27.261671).

На первом этапе в 2023 г. для посева использовали семена берёзы повислой III класса качества (местного происхождения, сбор 2022 г.), хранившиеся в холодильнике (4 °C). В контрольном варианте опыта в одну ячейку кассеты Plantek 64FD помещали по 3–5 семян. В вариантах опыта с пикировкой семена предварительно высевали в лоток (размер – 30×15 см, глубина – 10 см), заполненный субстратом, идентичным использовавшемуся для заполнения кассет. Далее кассеты и лоток переносили в теплицу. После прорастания семян, высеянных непосредственно в кассеты, всходы прореживали, чтобы в каждой ячейке оставалось по 1 сеянцу. По достижении сеянцами в лотке нужной высоты стволика – 1, 2, 3 или 4 см – их переносили по одному в подготовленные ячейки кассеты Plantek 64FD при помощи пинцета (табл. 1).

Кассеты во всех вариантах опыта были заполнены тщательно перемешанным субстратом на основе верхового торфа фракцией 0–15, кислотностью 2,5–3,5 pH, с добавлением доломитовой муки (в количестве 2 кг/м³) и комплексного минерального удобрения для приготовления субстрата Yara PGmix NPK + Mg + micro (в количестве 1 кг/м³).

ТАБЛИЦА 1. ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ВАРИАНТ ОПЫТА	ПОСЕВ СЕМЯН	ВЫСОТА СЕЯНЦЕВ/ ДАТА ПИКИРОВКИ	ОБРАБОТКА СЕЯНЦЕВ СТИМУЛЯТОРОМ РОСТА (КОНЦЕНТРАЦИЯ)
1 этап, 2023 г.			
1/23 контроль	В ячейки 29.04.2023	-	Не применялась
2/23	В лоток 29.04.2023	1 см/06.06.2023	
3/23		2 см/10.06.2023	
4/23		3 см/15.06.2023	
5/23		4 см/18.06.2023	
2 этап, 2024 г.			
1/24 контроль	В ячейки 08.05.2024	-	Не применялась
2/24	В лоток 08.05.2024	2 см/5.06.2024	То же
3/24		2 см/5.06.2024	Эпин-экстра (1 мл/5 л)
4/24		2 см/5.06.2024	Циркон (1 мл/10 л)

На втором этапе для посева использовали семена берёзы повислой II класса качества (местного происхождения, сбор 2023 г.), хранившиеся в холодильнике (4 °С). В контрольном варианте опыта в одну ячейку помещали по 3–5 семян. В случае пикировки по достижении высоты стволика 2 см сеянцы переносили из лотка в подготовленные ячейки при помощи пинцета (см. табл. 1). Далее, в зависимости от варианта опыта, часть подвергшихся пикировке сеянцев обрабатывали путём опрыскивания стимуляторами роста Циркон или Эпин-экстра согласно рекомендациям производителя (см. табл. 1). Кассеты, лоток и субстрат были идентичны использовавшимся на первом этапе исследования.

Для создания оптимальных условий прорастания семян и роста сеянцев все кассеты были размещены в теплице.

Уход за сеянцами как на первом, так и на втором этапе включал подкормки 0,5–1%-м раствором комплексного удобрения Kristalon разных видов один раз в 15 сут (Kristalon голубой и особый в начале вегетационного периода, Kristalon жёлтый – в середине, Kristalon коричневый – в конце периода). Мелкокапельный полив проводили 2–3 раза в сутки – в начале вегетационного периода, 1–2 раза – в середине и конце вегетационного периода. После 10 августа сеянцы с ЗКС содержали в условиях

открытого грунта для дальнейшего доращивания и закаливания.

Степень развития структурно-функциональных органов сеянцев определяли путём измерения высоты надземной части один раз в 7–10 сут линейкой вдоль оси стволика от корневой шейки до основания почки центрального побега после появления настоящих листьев и до прекращения вегетации, а также диаметра сеянцев у корневой шейки электронным штангенциркулем (с точностью до $\pm 0,1$ мм) и массы сеянцев в абсолютно сухом состоянии (с точностью до $\pm 0,02$ г). Для определения биометрических параметров в каждом варианте опыта использовали не менее 30 сеянцев.

Обработку полученных данных проводили в программе STATISTICA 12. Для каждого параметра вычисляли среднее арифметическое ($\bar{X}$), стандартное квадратическое отклонение (σ), ошибку среднего ($\pm m$), коэффициент вариации (V). Варьирование признака считалось слабым при коэффициенте вариации 0–10%; средним – при 10–20%; высоким – при 20% и более [15, с. 41–42]. Высокий уровень варьирования признака свидетельствует о малой представленности, соответствующей средней арифметической [16; 17, с. 17]. Сохранность сеянцев определяли как соотношение количества выживших на конец вегетационного

периода к количеству ячеек (64 ячейки для кассет Plantek 64FD) со всходами. Стандартные сеянцы устанавливали согласно параметрам, указанным в ТУ ВУ 60022689.001–2020 (высота надземной части – не менее 30 см для посадочного материала берёзы повислой с ЗКС в возрасте 1 год, выращенного в условиях закрытого грунта).

Результаты и обсуждение

По результатам проведённых на первом этапе исследования опытов установлено, что средняя высота пикированных сеянцев берёзы повислой (варианты опыта 2/23–5/23) находится в диапазоне 272,4–321,8 мм, а средний диаметр стволика у корневой шейки – 3,6–4,4 мм (табл. 2). Наибольший прирост надземной части в высоту

и диаметр стволика у корневой шейки отмечены у пикированных сеянцев с высотой стволика 1 см (вариант 2/23) и 2 см (вариант 3/23). Однако они уступают сеянцам, полученным при непосредственном посеве семян в ячейки (вариант опыта 1/23к – контроль), по средней абсолютно сухой массе в варианте опыта 2/23 – на 27%, в варианте опыта 3/23 – на 25% (табл. 3).

Корреляционный анализ показал, что абсолютно сухая масса имеет среднюю отрицательную зависимость от высоты стволика сеянцев, используемых для пикировки. Это – самая сильная взаимосвязь, обнаруженная нами в ходе проведения опытов (табл. 4).

Изучение распределения вариантов опыта на дендрограмме (рис. 1) показало, что варианты опыта 2/23, 4/23, 5/23 (пикировка сеянцев высотой 1, 3 и 4 см соответственно) оказались

Таблица 2. Длина и диаметр стволика у корневой шейки однолетних сеянцев берёзы повислой при прямом посеве в ячейки или при пикировке (2023 г.)

Вариант опыта	Средние значения высоты надземной части, мм				Средние значения диаметра стволика у корневой шейки, мм				Сохранность сеянцев, %	Выход стандартных сеянцев, %
	$\bar{X} \pm m$	P	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	P	σ	$V, \%$		
1/23к	321,8 ± 11,0	-	58,1	18,1	4,3 ± 0,1	-	0,7	15,3	91	47
2/23	293,8 ± 12,9	0,00	49,9	17,0	4,2 ± 0,2	0,02	0,8	18,5	84	25
3/23	317,1 ± 19,5	0,00	61,8	19,5	4,4 ± 0,1	0,00	0,6	13,3	100	59
4/23	272,4 ± 12,3	0,00	52,2	19,2	3,6 ± 0,1	0,00	0,7	18,6	91	22
5/23	285,4 ± 11,2	0,04	44,7	15,7	3,9 ± 0,1	0,00	0,7	16,7	88	22

Примечание: к – контроль. Различия в средних значениях значимы при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

Таблица 3. Абсолютно сухая масса однолетних сеянцев берёзы повислой при прямом посеве семян в ячейки или при пикировке (2023 г.)

Вариант опыта	Средние значения абсолютно сухой массы сеянцев, г										Соотношение сухой массы «стволик: корень»
	Всего				Стволик			Корень			
	$\bar{X} \pm m$	P	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	
1/23к	2,25 ± 0,14	-	0,5	19,7	1,28 ± 0,06	0,2	16,9	0,97 ± 0,08	0,3	29,8	1,3
2/23	1,65 ± 0,05	0,01	0,2	11,4	0,95 ± 0,04	0,2	15,3	0,70 ± 0,06	0,2	26,2	1,4
3/23	1,68 ± 0,07	0,01	0,2	13,8	1,04 ± 0,05	0,2	15,6	0,64 ± 0,07	0,2	34,3	1,6
4/23	1,29 ± 0,06	0,01	0,2	13,4	0,82 ± 0,05	0,2	20,4	0,47 ± 0,03	0,1	20,0	1,8
5/23	1,40 ± 0,08	0,00	0,3	18,8	0,83 ± 0,04	0,2	17,9	0,57 ± 0,05	0,2	30,9	1,5

Примечание: к – контроль. Различия в средних значениях значимы при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

ТАБЛИЦА 4. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ВЫСОТЫ СТВОЛИКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ДЛЯ ПИКИРОВАНИЯ СЕЯНЦЕВ БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ И ИХ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КОНЦЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

ЗНАЧЕНИЕ	ВЫСОТА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ	ДИАМЕТР СТВОЛИКА У КОРНЕВОЙ ШЕЙКИ	СУХАЯ МАССА СЕЯНЦЕВ		
			Всего	Стволик	Корень
r	-0,133	-0,358	-0,501	-0,333	-0,388
p	0,421	0,025	0,002	0,038	0,015

Примечание. Корреляции значимы при $p < 0,05$.

близки между собой по исследованным параметрам и образуют первый кластер. Варианты опыта 1/23к и 3/23 (прямой посев семян в ячейки (контроль) и пикировка сеянцами 2 см соответственно) образуют второй кластер, довольно на высоком уровне отличающийся от первого. Таким образом, у сеянцев берёзы повислой, выращенных непосредственно в кассетах, отмечается более высокое сходство ростовых процессов с пикированными сеянцами высотой 2 см по сравнению с пикированными сеянцами другой высоты.

Самая высокая сохранность всходов и максимальный выход стандартных сеянцев наблюдаются в варианте опыта 3/23 – 100 и 59% соответственно (см. табл. 2). Наименьшая сохранность всходов отмечена в варианте 2/23 (84%), а самый низкий выход стандартных сеянцев – в вариантах 4/23 и 5/23 (по 22% в каждом варианте).

Соотношение сухой массы «стволик : корень» в вариантах опыта 1/23к–5/23 находилось в диапазоне 1,3–1,8. Во всех вариантах значения этого показателя ниже 2,5, что является оптимальным [18, с. 24]. В вариантах опыта 3/23 и 4/23 наблюдалось несколько большее преобладание надземной части растения над корневой системой (см. табл. 3, рис. 2).

Изученные параметры в вариантах опыта 1/23к–5/23 изменялись на среднем уровне. Коэффициент вариации находился в диапазоне 15,4–19,5% для значений высоты, 13,3–18,6% для диаметра стволика у корневой шейки, 11,4–19,7% для сухой массы сеянцев (см. табл. 2 и 3).

Измерение высоты стволика сеянцев берёзы повислой на разных этапах выращивания

показало, что существует зависимость темпа роста стволика от посева непосредственно в ячейки или от пикировки сеянцев с разной высотой.

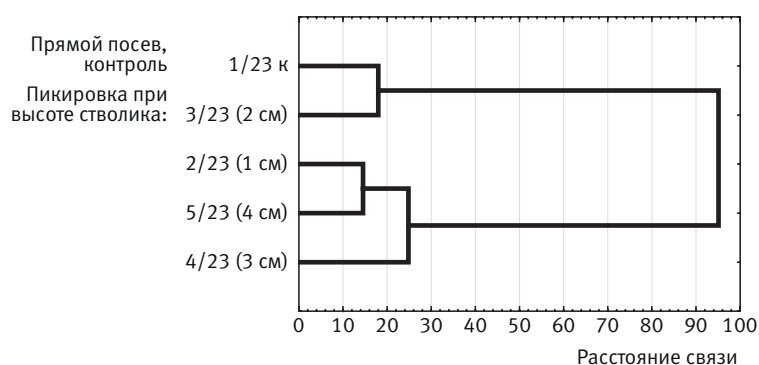


Рис. 1. Дендрограмма сходства однолетних сеянцев берёзы повислой, полученных при прямом посеве семян в ячейки или при пикировке, по результатам кластерного анализа (2023 г.)

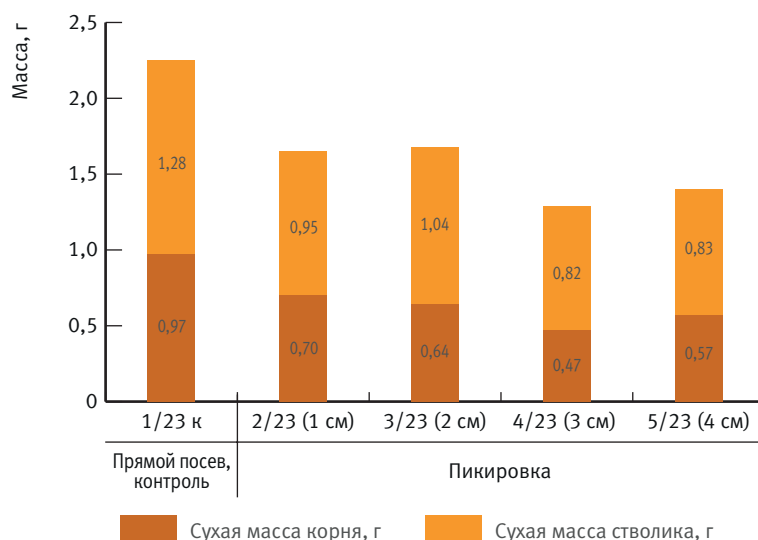


Рис. 2. Средняя масса однолетних сеянцев берёзы повислой в абсолютно сухом состоянии при прямом посеве в ячейки или при пикировке (2023 г.)

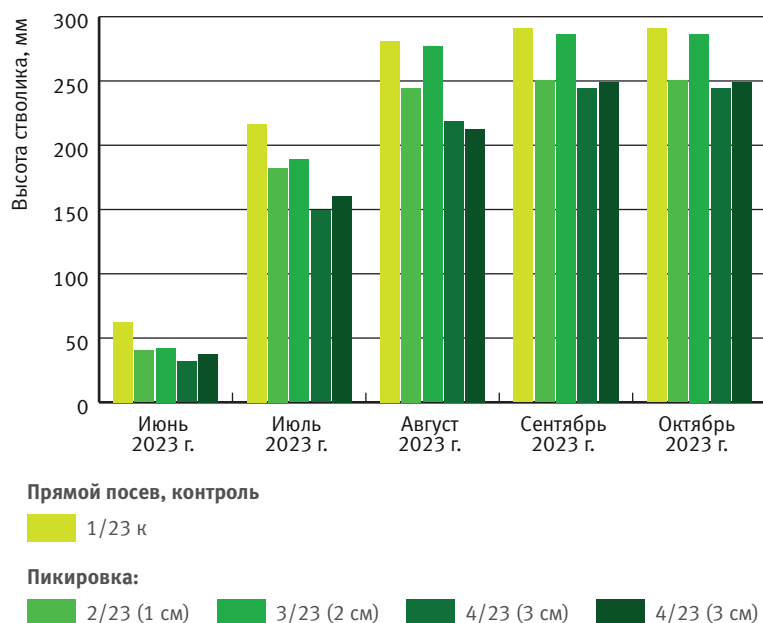


Рис. 3. Темпы роста стволика однолетних сеянцев берёзы повислой при прямом посеве в ячейки или после пикировки в течение вегетационного периода (2023 г.).

Однако прекращение ростовых процессов от посева или пикировки не зависело. Пикировка сеянцев с высотой стволика 3 и 4 см (варианты опыта 4/23 и 5/23) привела к некоторому замедлению прироста надземной части после их помещения из лотка в кассету (рис. 3). Это, вероятно, связано с периодом, необходимым для восстановления корневой системы, повреждённой в результате переноса. После пикировки сеянцев высотой 1 см (вариант опыта 2/23) и 2 см (вариант опыта 3/23) на начальных этапах выращивания их скорость роста существенно

не отличалась, но ростовые процессы начали замедляться значительно быстрее у сеянцев в варианте опыта 2/23. Сравнение сеянцев, полученных при прямом посеве в кассету (вариант опыта 1/23к), и пикированных сеянцев с наибольшим приростом (вариант опыта 3/23) не показало значительных различий в скорости роста стволика. Во всех изученных вариантах опыта высота стволика достигла 95% от наибольшего значения в первой декаде сентября (см. рис. 3).

По результатам первого этапа нашего исследования установлено, что оптимальная высота сеянцев для пикировки составляет 2 см. В то же время было выявлено, что абсолютно сухая масса таких сеянцев в конце вегетационного периода более чем на четверть уступает аналогичному показателю в контроле.

Цель второго этапа нашего исследования – снивелировать отличия сеянцев при помощи стимуляторов роста. Для этого были выбраны 2 стимулятора: Эпин-экстра и Циркон, которыми, согласно рекомендациям производителя, сеянцы берёзы обработали сразу после пикировки.

Средняя длина стволика у сеянцев во всех вариантах опыта находилась в диапазоне 369,0–410,7 мм, а средний диаметр стволика у корневой шейки – 4,1–4,7 мм (табл. 5). Значимое отличие от контрольного опыта (1/24к) по диаметру стволика у корневой шейки имели только пикированные сеянцы, не обработанные стимуляторами роста (вариант опыта 2/24). Этот показатель был ниже на 7%.

Таблица 5. Длина и диаметр стволика у корневой шейки однолетних сеянцев берёзы повислой при прямом посеве в ячейки или при пикировке без обработки и с обработкой стимуляторами роста Эпин-экстра и Циркон (2024 г.)

Вариант опыта	Средние значения высоты надземной части, мм				Средние значения диаметра стволика у корневой шейки, мм				Сохранность сеянцев, %	Выход стандартных сеянцев, %
	$\bar{X} \pm m$	P	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	P	σ	$V, \%$		
1/24к	410,7 ± 17,5	-	80,1	19,5	4,4 ± 0,2	-	0,9	19,8	89	61
2/24	369,0 ± 12,3	0,27	60,1	16,8	4,1 ± 0,1	0,04	0,4	10,9	92	59
3/24	377,6 ± 13,2	0,21	55,9	14,8	4,3 ± 0,1	0,31	0,6	13,3	92	58
4/24	408,3 ± 13,9	0,73	53,7	13,2	4,7 ± 0,1	0,78	0,6	12,2	94	64

Примечание: к – контроль. Различия в средних значениях значимы при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

У пикированных сеянцев в вариантах опыта 2/24 (без обработки стимуляторами) и 3/24 (обработка Эпин-экстра) средние значения абсолютно сухой массы были достоверно меньше, чем в контрольном опыте, – на 12 и 13% соответственно. Достоверных различий по этому показателю между контрольным опытом и вариантом опыта 4/24 не выявлено. Средние значения абсолютно сухой массы в этих вариантах опыта находились в диапазоне 2,08–2,31 г (табл. 6).

Сохранность пикированных сеянцев (с обработкой и без обработки стимуляторами роста)

шейки, 12,2–21,8% для абсолютно сухой массы сеянцев. Средняя высота и средний диаметр стволика у корневой шейки контрольных сеянцев характеризуются более высоким коэффициентом вариации по сравнению с пикированными сеянцами.

Различия в сравниваемых биометрических показателях сеянцев при прямом посеве в ячейки и пикировке сеянцев берёзы повислой являются достоверными и подтверждаются статистическими значениями теста Уилкоксона (см. табл. 2, 3, 5, 6).

Таблица 6. Абсолютно сухая масса однолетних сеянцев берёзы повислой при прямом посеве в ячейки или при пикировке без обработки и с обработкой стимуляторами роста Эпин-экстра и Циркон (2024 г.)

Вариант опыта	Средние значение абсолютно сухой массы сеянцев, г										Соотношение сухой массы «стволик: корень»
	Всего				Стволик			Корень			
	$\bar{X} \pm m$	P	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	
1/24к	2,08 ± 0,15	-	0,4	20,6	1,34 ± 0,11	0,3	23,9	0,74 ± 0,05	0,1	18,9	1,8
2/24	1,84 ± 0,06	0,01	0,2	12,0	1,22 ± 0,04	0,2	11,9	0,62 ± 0,02	0,1	12,6	2,0
3/24	1,73 ± 0,10	0,01	0,4	21,8	1,18 ± 0,06	0,2	20,3	0,55 ± 0,04	0,2	27,9	2,1
4/24	2,31 ± 0,09	0,48	0,3	12,2	1,50 ± 0,06	0,2	12,3	0,81 ± 0,03	0,1	12,6	1,9

Примечание: к – контроль. Различия в средних значениях значимы при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

оказалась на 3–5% выше, чем в контроле. Максимальный выход стандартных сеянцев отмечен в варианте 4/24 (пикированные сеянцы, обработанные стимулятором Циркон) (см. табл. 5).

Соотношение сухой массы «стволик : корень» во всех вариантах опыта (1/24к–4/24) находилось в диапазоне 1,8–2,1. При этом данный показатель был ниже 2,5, что является оптимальным [18, с. 24]. В вариантах опыта 2/24 и 3/24 наблюдалось несколько большее преобладание надземной части растения над корневой системой (рис. 4).

Уровень варьирования значений изученных параметров во всех вариантах опыта – средний и высокий, что указывает на неоднородный рост сеянцев. Коэффициент вариации находился в диапазоне 13,2–19,5% для значений высоты, 12,2–19,8% для диаметра стволика у корневой

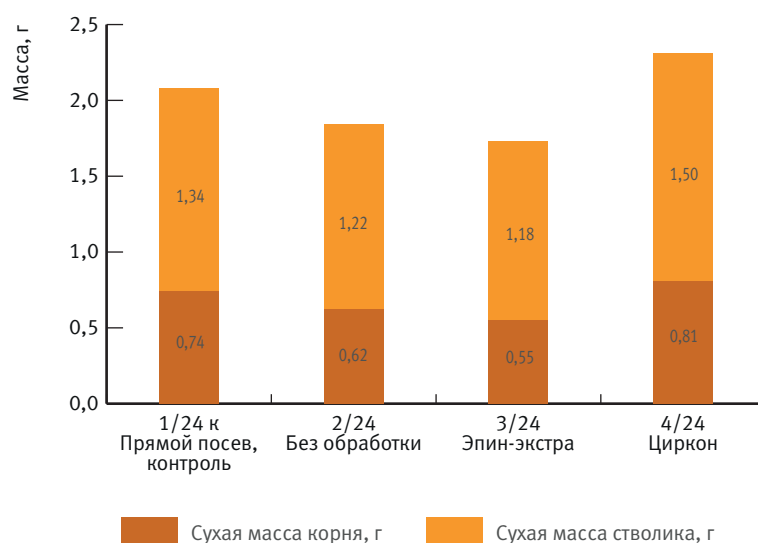


Рис. 4. Средняя масса однолетних сеянцев берёзы повислой в абсолютно сухом состоянии при прямом посеве в ячейки или пикировке без обработки стимуляторами роста и с обработкой стимуляторами Эпин-экстра и Циркон (2024 г.)

Выводы

Пикировка сеянцев с различной высотой стволика по-разному влияет на их биометрические показатели. По результатам нашего исследования, наиболее подходящая для пикировки высота стволика сеянцев берёзы повислой составляет около 2 см (они достигают этой высоты в возрасте около 4–5 нед. после посева в условиях закрытого грунта). Их биометрические показатели после завершения вегетационного периода были выше, чем у пикированных сеянцев других размеров, а ростовые процессы имели наиболее высокое сходство с ростовыми процессами сеянцев, полученных при прямом посеве семян в ячейки. Сеянцы, выращенные путём прямого посева семян в ячейки, превосходили пикированные по средней абсолютно сухой массе на 25% в 2023 г. и на 12% в 2024 г. Это дает основание предположить, что по показателям приживаемости и роста они будут иметь преимущество над пикированными сеянцами, так как абсолютно сухая масса сеянцев является основным предиктором этих показателей [19].

Обработка стимулятором Циркон (1 мл/10 л) сеянцев берёзы повислой сразу после пикировки позволила устранить разницу в характеристиках с сеянцами, полученными путём прямого посева в ячейки. Сеянцы, обработанные после пикировки стимулятором Эпин-экстра (1 мл/5 л), незначительно отличались по своим характеристикам от пикированных сеянцев без обработки стимуляторами и уступали на 13% по средней абсолютно сухой массе сеянцам, полученным при непосредственном посеве семян в ячейки.

Результаты исследования показали, что пикировка сеянцев берёзы повислой с высотой стволика около 2 см и обработка стимулятором Циркон (1 мл/10 л) сразу после пересадки обеспечивают эффективность, сравнимую с прямым посевом нескольких семян в одну ячейку кассеты. Кроме того, этот приём может использоваться для заполнения пустых ячеек после прямого посева сокращённым количеством семян (2–3 семени в ячейку) при прореживании появившихся всходов. Однако этот способ увеличивает трудозатраты, в связи с чем целесообразность его применения при производстве посадочного материала требует дальнейшего изучения.

Список источников

1. Tylkowski, T. *Betula pendula* seed storage and sowing pre-treatment: effect on germination and seedling emergence in container cultivation / T. Tylkowski // *Dendrobiology*. – 2012. – Vol. 67. – P. 49–58.
2. Chmielarz, P. Cryopreservation of conditionally dormant orthodox seeds of *Betula pendula* / P. Chmielarz // *Acta Physiol Plant*. – 2010. – № 32. – P. 591–596. DOI: 10.1007/s11738-009-0437-6.
3. De Atrip, N. Effect of seed moisture content during prechilling on the germination response of alder and birch seeds / N. De Atrip, C. O'reilly // *Seed Science and Technology*. – 2005. – Vol. 33. – P. 363–373. DOI:10.15258/sst.2005.33.2.09.
4. Vanhatalo, V. Effect of prechilling on the dormancy of *Betula pendula* seeds / V. Vanhatalo, K. Leinonen, H. Rita, M. Nygren // *Canadian Journal of Forest Research*. – 1996. – Vol. 26. – P. 1203–1208.
5. Szabla, K. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i technik w szkółkarstwie leśnym / K. Szabla, R. Pabian. – Wyd. II. – Warszawa : Wyd. CILP, 2009. – 251 s.
6. Кабанова, С.А. Результаты опыта по предпосевной обработке семян и выращиванию сеянцев березы повислой в закрытом грунте / С.А. Кабанова, В.А. Борцов, М.А. Данченко // *Лесотехнический журнал*. – 2019. – № 3. – С. 16–24.
7. De Atrip, N. The response of prechilled alder and birch seeds to drying, freezing, and storage / N. De Atrip, C. O'reilly // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2006. – Vol. 36. – P. 749–760. DOI: 10.1139/x05-268.
8. Коновалов, В.Ф. Береза повислая на Южном Урале: Структура популяций, селекция и воспроизводство : дисс. ... д-ра с.-х. наук / В.Ф. Коновалов. – Йошкар-Ола, 2003. – 503 с.
9. Tylkowski, T. Przedsiewne traktowanie nasion drzew, krzewów, pnączy i krzewinek / T. Tylkowski. – Warszawa : Wyd. CILP, 2016. – 476 s.
10. Жигунов, А.В. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Устьянском тепличном комплексе : Практические рекомендации / А.В. Жигунов, А.И. Соколов, В.А. Харитонов. – Петрозаводск : Институт леса КарНЦ РАН, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2016. – 43 с.
11. Juntunen, M.-L. Leaching of nitrogen and phosphorus during production of forest seedlings in containers / M.-L. Juntunen, T. Hammar, R. Rikala // *Journal of Environmental Quality*. – 2002. – Vol. 31(6). – P. 1868–1874. DOI: 10.2134/jeq2002.1868.
12. Juntunen, M.-L. Nitrogen and phosphorus leaching and uptake by container birch seedlings (*Betula pendula* Roth) grown in three different fertilizations / M.-L. Juntunen, T. Hammar, R. Rikala // *New Forests*. – 2003. – Vol. 25. – P. 133–147. DOI:10.1023/A:1022686402578.
13. Мочалов, Б.А. Использование стимуляторов из водной вытяжки коропометного компоста и гетероауксина при пикировке сеянцев сосны в контейнерах / Б.А. Мочалов, М.Л. Бунтина, С.В. Бобушкина // *ИВУЗ. Лесной журнал*. – 2015. – № 5. – С. 67–76.
14. Караневский, Р.И. Опыт использования экологически безопасных регуляторов роста при выращивании сеянцев пихты белой (*Abies alba* Mill.) в контейнерах / Р.И. Караневский, А.Ф. Келько, Г.А. Холопук // *Труды БГТУ. Сер. 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов*. – 2020. – № 2 (234). – С. 74–78.
15. Зайцев, Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – Москва : Наука, 1973. – 256 с.
16. Patel, J.K. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof – An empirical study / J.K. Patel, N.M. Patel, R.L. Shiyani // *Current science*. – 2001. – Vol. 81. – № 9. – P. 1163–1164.
17. Gomez, K.A. Statistical procedures for agricultural research : 2nd edit. / K.A. Gomez, A.A. Gomez. – New York : John Wiley and Sons, 1984. – 680 p.
18. Landis, D.T. The Container Tree Nursery Manual: Seedling processing, storage, and outplanting / T.D. Landis, R.K. Dumroese, D.L. Haase. – Vol. 7. – Washington, DC, 2010. – 199 p.
19. Aphalo, P. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume / P. Aphalo, R. Rikala // *New Forests*. – 2003. – Vol. 25. – P. 93–108. DOI: doi.org/10.1023/A:1022618810937.

References

1. Tylkowski, T. *Betula pendula* seed storage and sowing pre-treatment: effect on germination and seedling emergence in container cultivation / T. Tylkowski // *Dendrobiology*. – 2012. – Vol. 67. – P. 49–58.
2. Chmielarz, P. Cryopreservation of conditionally dormant orthodox seeds of *Betula pendula* / P. Chmielarz // *Acta Physiol Plant*. – 2010. – № 32. – P. 591–596. DOI: 10.1007/s11738-009-0437-6.
3. De Atrip, N. Effect of seed moisture content during prechilling on the germination response of alder and birch seeds / N. De Atrip, C. O'reilly // *Seed Science and Technology*. – 2005. – Vol. 33. – P. 363–373. DOI:10.15258/sst.2005.33.2.09.
4. Vanhatalo, V. Effect of prechill on the dormancy of *Betula pendula* seeds / V. Vanhatalo, K. Leinonen, H. Rita, M. Nygren // *Canadian Journal of Forest Research*. – 1996. – Vol. 26. – P. 1203–1208.
5. Szabla, K. *Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i technik w szkółkarstwie leśnym* / K. Szabla, R. Pabian. – Wyd. II. – Warszawa : Wyd. CILP, 2009. – 251 s.
6. Kabanova, S.A. Rezul'taty opyta po predposevnoj obrabotke semyan i vyrashchivaniyu seyancev berezy povisloy v zakrytom grunte / S.A. Kabanova, V.A. Borcov, M.A. Danchenko // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. – 2019. – № 3. – S. 16–24.
7. De Atrip, N. The response of prechilled alder and birch seeds to drying, freezing, and storage / N. De Atrip, C. O'reilly // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2006. – Vol. 36. – P. 749–760. DOI: 10.1139/x05-268.
8. Konovalov, V.F. *Bereza povislaya na Yuzhnom Urale: Struktura populyacij, selekciya i vosproizvodstvo* : diss. ... d-ra s.-h. nauk / V.F. Konovalov. – Joshkar-Ola, 2003. – 503 s.
9. Tylkowski, T. *Przedsiewne traktowanie nasion drzew, krzewów, pnączy i krzewinek* / T. Tylkowski. – Warszawa : Wyd. CILP, 2016. – 476 s.
10. Zhigunov, A.V. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala s zakrytoj kornevoj sistemoy v Ust'yanskom teplichnom komplekse : Prakticheskie rekomendacii* / A.V. Zhigunov, A.I. Sokolov, V.A. Haritonov. – Petrozavodsk : Institut lesa KarNC RAN, SPbGLTU im. S.M. Kirova, 2016. – 43 s.
11. Juntunen, M.-L. Leaching of nitrogen and phosphorus during pro-duction of forest seedlings in containers / M.-L. Juntunen, T. Hammar, R. Rikala // *Journal of Environmental Quality*. – 2002. – Vol. 31(6). – P. 1868–1874. DOI: 10.2134/jeq2002.1868.
12. Juntunen, M.-L. Nitrogen and phosphorus leaching and uptake by container birch seedlings (*Betula pendula* Roth) grown in three different fertilizations / M.-L. Juntunen, T. Hammar, R. Rikala // *New Forests*. – 2003. – Vol. 25. – P. 133–147. DOI:10.1023/A:1022686402578.
13. Mochalov, B.A. Ispol'zovanie stimulyatorov iz vodnoj vytyazhki koropometnogo komposta i geteroauksina pri pikirovke seyancev sosny v kontejnerah / B.A. Mochalov, M.L. Buntina, S.V. Bobushkina // *IVUZ. Lesnoj zhurnal*. – 2015. – № 5. – S. 67–76.
14. Karanevskij, R.I. Opyt ispol'zovaniya ekologicheski bezopas-nyh reguljatorov rosta pri vyrashchivanii seyancev pihty belo (Abies alba Mill.) v kontejnerah / R.I. Karanevskij, A.F. Kel'ko, G.A. Holopuk // *Trudy BGTU. Ser. 1: Lesnoe hozyajstvo, prirodo-pol'zovanie i pererabotka vozobnovlyаемых resursov*. – 2020. – № 2 (234). – S. 74–78.
15. Zajcev, G.N. *Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike* / G.N. Zajcev. – Moskva : Nauka, 1973. – 256 s.
16. Patel, J.K. Coefficient of variation in field experiments and yard-stick thereof – An empirical study / J.K. Patel, N.M. Patel, R.L. Shiyani // *Current science*. – 2001. – Vol. 81. – № 9. – P. 1163–1164.
17. Gomez, K.A. *Statistical procedures for agricultural research* : 2nd edit. / K.A. Gomez, A.A. Gomez. – New York : John Wiley and Sons, 1984. – 680 p.
18. Landis, D.T. *The Container Tree Nursery Manual: Seedling processing, storage, and outplanting* / T.D. Landis, R.K. Dumroese, D.L. Haase. – Vol. 7. – Washington, DC, 2010. – 199 p.
19. Aphalo, P. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume / P. Aphalo, R. Rikala // *New Forests*. – 2003. – Vol. 25. – P. 93–108. DOI: doi.org/10.1023/A:1022618810937.