

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

FOREST REGENERATION AND FOREST GROWING

УДК 630*232.315.3

Е. В. Татун, В. В. Носников

Белорусский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA*) НА ВСХОЖЕСТЬ И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Искусственное разведение березы повислой сопряжено с определенными трудностями. Отчасти это связано со значительной изменчивостью качеств получаемого семенного материала, на которые оказывают влияние разнообразные факторы. В целях улучшения посевных качеств семян разработаны различные способы подготовки их к посеву. Данное исследование показало, что стимуляторы роста Силиплант, Байкал, Циркон увеличили всхожесть на 14–18% при выращивании сеянцев березы повислой в условиях открытого грунта. Однако не установлено их влияние на сохранность всходов и биометрические показатели сеянцев березы повислой при летнем посеве. В условиях защищенного грунта существенное влияние на всхожесть оказал стимулятор Силиплант. Так, всхожесть превышала контрольный опыт на 29%, а сохранность всходов на 11%. Снегование предварительно замоченных семян хотя и привело к увеличению средней высоты стволика на 14%, но отрицательно сказалось на показателе всхожести по отношению к контролю. Замоченные на протяжении 7 сут семена незначительно уступали семенам, подвергшимся снегованию в темпах роста, при этом не отличались по показателю всхожести и сохранности сеянцев от контрольного опыта.

Результаты опытов показали, что на всхожесть и сохранность всходов, а также параметры сеянцев березы повислой большее влияние оказывали условия произрастания, чем способы подготовки семян к посеву. Так, отличались не только биометрические параметры сеянцев, но и соотношение частей растения. Сеянцы, выращенные в открытом грунте, обладали значительно меньшей высотой стволика (на 37%) по отношению к сеянцам, выращенным в условиях защищенного грунта. При этом сеянцы открытого грунта обладали более длинным корнем и толщиной стволика у корневой шейки относительно его высоты. Например, соотношение корень/стволик у сеянцев, полученных в условиях открытого грунта, составило 0,9–1,1, а у сеянцев, полученных в условиях защищенного грунта, – 0,4–0,5.

Ключевые слова: береза повислая, семена, подготовка семян к посеву, стимуляторы роста, сеянцы, защищенный грунт, открытый грунт, биометрические показатели.

Для цитирования: Татун Е. В., Носников В. В. Влияние предпосевной обработки семян березы повислой (*Betula pendula*) на всхожесть и биометрические показатели посадочного материала // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 1 (288). С. 37–47.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-288-4.

Ya. U. Tatun, V. V. Nosnikov

Belarusian State Technological University

EFFECT OF PREPARATION OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA*) SEEDS FOR SOWING ON SOWING QUALITIES AND BIOMETRIC PARAMETERS OF SEEDLINGS

The cultivation of birch is difficult. This is partly due to considerable variability in the quality of the resulting seed material, which is influenced by a variety of factors. In order to improve the sowing qualities of seeds, various methods of their preparation for sowing have been developed. Our study showed that

growth stimulants Siliplant, Baikal, Zirkon increased germination by 14–18% when growing birch seedlings in open ground conditions. However, no effect of growth stimulants on seedling survival and biometric parameters of birch seedlings at summer sowing was detected. Under greenhouse conditions, the stimulant Siliplant had a significant effect on germination. Thus, germination exceeded the control experiment by 29%, and seedling survival by 11%. Snowing of pre-moistened seeds, although led to an increase in growth rate and average stem height by 14%, but had a negative effect on the germination rate in relation to the control. Seeds soaked for 7 days were insignificantly inferior to the seeds subjected to snowing in growth rate, but did not differ in germination rate and seedling survival from the control experiment.

The results of our experiments showed that the germination and survival of seedlings and the parameters of birch seedlings were more influenced by growing conditions than by the methods of seed preparation for sowing. Thus, not only biometric parameters of seedlings, but also the ratio of plant parts differed. Seedlings grown in the open ground had a significantly lower stem height (by 37%) in relation to seedlings grown in the greenhouse. At the same time, open ground seedlings possessed longer root and more thickness of root-collar diameter relative to stem height. Thus, the root-to-stem ratio thickness in seedlings obtained in open ground conditions was 0.9–1.1, in seedlings obtained in greenhouse conditions 0.4–0.5.

Keywords: birch, seeds, seed preparation for sowing, growth stimulants, seedlings, greenhouse, open ground conditions, biometric parameters.

For citation: Tatun Ya. U., Nosnikov V. V. Effect of preparation of silver birch (*Betula pendula*) seeds for sowing on sowing qualities and biometric parameters of seedlings. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 1 (288), pp. 37–47 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-288-4.

Введение. Искусственное разведение березы повислой сопряжено с определенными трудностями. Отчасти это связано со значительной изменчивостью качественных характеристик получаемого семенного материала, что обуславливает необходимость применения специальных приемов для получения достаточного количества всходов и их сохранения к концу вегетационного периода [1].

Факторы, влияющие на качество семенного материала березы повислой, разнообразны: способность к партенокарпии (в неблагоприятные для опыления годы до 50–100% плодов оказываются без семян) [2, с. 90; 3]; временная изменчивость (годы с обильным семеношением сопровождаются не только обилием урожая, но и лучшим качеством семян) [4]; экологические условия произрастания [5–8]; возраст и размеры растения, которое используют для получения семян [9]; формовое разнообразие, где преимущество имеет грубокорая и ромбовидно-трещиноватая формы березы повислой по сравнению с гладкокорой [10]; сроки и условия хранения семян [11; 12, с. 117; 13].

В целях улучшения посевных качеств семян и прекращения действия ингибиторов, которые обуславливают состояние вынужденного покоя, разработаны различные способы подготовки их к посеву. К первой группе способов подготовки можно отнести те, которые имитируют процессы, происходящие с семенами березы в естественных условиях. Это, например, замачивание в воде до

состояния наклеивания при летнем посеве [14, с. 280]. При весеннем посеве: замачивание до состояния частичного наклеивания (2–3 сут) или замачивание на протяжении 7 сут [12, с. 127; 14, с. 280]; воздействие солнечных лучей [12, с. 127]; предпосевное охлаждение (prechilling) набухших семян при температуре 0–10°C в течение 30–60 дней [4, с. 127; 15–18]; снегование на протяжении 30–60 дней [14, с. 280; 19, с. 311; 20, с. 76].

Ко второй группе способов подготовки можно отнести предпосевную обработку химическими веществами органической или неорганической природы: обработка семян в течение 6 ч 0,005%-ным раствором кобальта (CoSO_4) или 0,001%-ным раствором молибдена $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$; протравливание в 0,5%-ном растворе марганцовокислого калия (KMnO_4) на протяжении 2 ч [14, с. 280–281, 20, с. 311]. А также использование стимуляторов роста различного состава [18; 21–23].

Существуют комбинированные способы, такие как стратификация в ящиках с песком в помещениях с низкой температурой (около 0°C) или снегование в течение 30 дней предварительно обработанных фунгицидами семян [14, с. 280–281; 19, с. 318; 20, с. 76].

Для улучшения качества семенного материала возможно разделение семян гравитационным сепаратором или ацетоном на фракции. В дальнейшем для хранения и высева используют только отборные семена, отделенные от пустых, поврежденных и недоразвитых семян [11; 12, с. 127–128]. Высев в

условиях защищенного грунта также положительно сказывается на всхожести [20, с. 310, 24].

Особый интерес вызывают химические способы, в частности обработка семян стимуляторами роста, которые значительно сокращают время подготовки семян к посеву, могут оказывать влияние на скорость прорастания, способность всходов противостоять факторам внешней среды, что проявляется в увеличении количества всходов и ускорении ростовых процессов [18; 21–23].

Цель исследования – установить наличие и выявить степень влияния различных способов подготовки семян к посеву на скорость появления всходов и на биометрические показатели полученных сеянцев березы повислой.

Исследование проводилось на базе лесного питомника Друйского лесничества (Браславский район, Витебская область, GPS 55.744314, 27.261671). Для достижения цели исследование было разбито на два этапа.

Первый этап (2022 г.) включал в себя предпосевную обработку свежесобранных семян березы повислой стимуляторами роста. Семена III класса качества обрабатывались с целью увеличения количества всходов при летнем посеве (табл. 1). Выбор стимуляторов роста и схемы обработки семян осуществлялся согласно рекомендациям [18; 21–23]. После обработки семена просушивались в тени до состояния сыпучести. Высев производился 28 июля 2022 г. в условиях открытого грунта, вразброс на подготовленных грядах шириной 1 м с нормой высева 15 г/м², после чего посевы мульчировались опилками слоем до 0,5 см и были укрыты нетканым материалом – спанбондом. Уход за сеянцами включал в себя подкормку 0,5–1%-ным раствором комплексного удобрения Kristalon различных видов: особым – 3-кратная подкормка в начале вегетации, желтым – 1-кратная подкормка в середине, коричневым – 1-кратная подкормка в конце вегетации, полив 2–3 раза в день, ручное пропалывание посевов.

Второй этап (2023 г.) включал в себя использование различных способов предпосевной подготовки. Использовались семена березы повислой III класса качества, подвергшиеся хранению в холодильнике (при $t = 4^{\circ}\text{C}$), с целью изучения влияния этих способов на всхожесть и сохранность сеянцев и их биометрические показатели (табл. 1). Выбор стимуляторов роста и схемы обработки семян, продолжительность снегования и замачивания определялись согласно ранее полученным в 2022 г. данным и рекомендациям [12, с. 127; 14, с. 280–281; 19, с. 318; 20, с. 76].

После обработки семена просушивались в тени до состояния сыпучести. Высев производился 29 апреля 2023 г. в условиях закрытого грунта вразброс на подготовленных грядах ши-

риной 1,5 м с нормой высева 15 г/м². При этом учитывалось изменение в массовых характеристиках, вызванное продолжительным замачиванием [25]. В качестве субстрата использовался торф с агроперлитом с внесением 1 кг/м³ суперфосфата амонизированного марки 9-30. Уход за сеянцами включал в себя подкормки 0,5–1%-ным раствором комплексного удобрения Kristalon различных видов 1 раз в 15 дней (Kristalon голубой и особый – в начале вегетации, Kristalon желтый – в середине, Kristalon коричневый – в конце вегетации), а также мелкокапельный полив 1–2 раза в день, ручное пропалывание посевов.

Таблица 1

**Способы подготовки семян
березы повислой к посеву**

Способы предпосевной подготовки	Время замачивания	Доза внесения
Июль 2022 г.		
Обработка стимулятором:		
Байкал	1,5 ч	2 мл/л
Гумат +7	6 ч	0,5 г/л
Циркон	2 ч	0,25 мл/л
Силиплант	30 мин	3 мл/л
Гиберелон	2 ч	0,2 г/л
Экогель	6 ч	20 мл/л
Контроль	6 ч	–
Апрель 2023 г.		
Обработка стимулятором:		
Циркон	2 ч	0,25 мл/л
Байкал	1,5 ч	2 мл/л
Силиплант	30 мин	3 мл/л
Замачивание в проточной воде	3 сут	–
	7 сут	–
Снегование (49 сут)	3 сут	–
Контроль	6 ч	–

Каждый опыт по определению всхожести проводился в восьмикратной повторности протяженностью 2 п. м для открытого грунта, 0,7 п. м для защищенного грунта. Степень развития структурно-функциональных органов сеянцев изучалась посредством измерения высоты надземной части раз в 7–10 дней линейкой вдоль оси стволика от корневой шейки до основания почки центрального побега после появления настоящих листьев и до прекращения вегетации, измерения длины корня, а также измерения толщины стволика у корневой шейки электронным штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Для измерения биометрических параметров в каждом варианте опыта использовалось не менее 30 сеянцев.

Обработка полученных данных проводилась в программе STATISTICA 12. Для каждого параметра вычислялись: среднее арифметическое ($\bar{X}$), стандартное квадратическое отклонение (σ), ошибка среднего ($\pm m$), коэффициент вариации (V), значение вероятности (p). Варьирование признака

считалось слабым при коэффициенте вариации 0–10%, средним – при 10–20%, высоким – при 20% и более [26, с. 41–42]. Высокая степень варьирования признака указывает на низкую предсказуемость соответствующего среднего арифметического [27, с. 17].

Основная часть. По результатам исследования, проведенного в 2022 г., было установлено, что среди выбранных для анализа стимуляторов роста значимое влияние на всхожесть сеянцев березы повислой оказали 3 из них – Силиплант (возрастание количества всходов на 18% по отношению к контролю), Циркон (возрастание на 16%) и Байкал (возрастание на 14%) (рис. 1). При этом возрастание всхожести регистрировалось с самого начала наблюдений и отразилось на конечном значении. Результаты соответствуют ранее полученным данным [22; 23]. Количество сеянцев на 1 м² находилось в диапазоне 704,1–854,4 шт. (табл. 2).

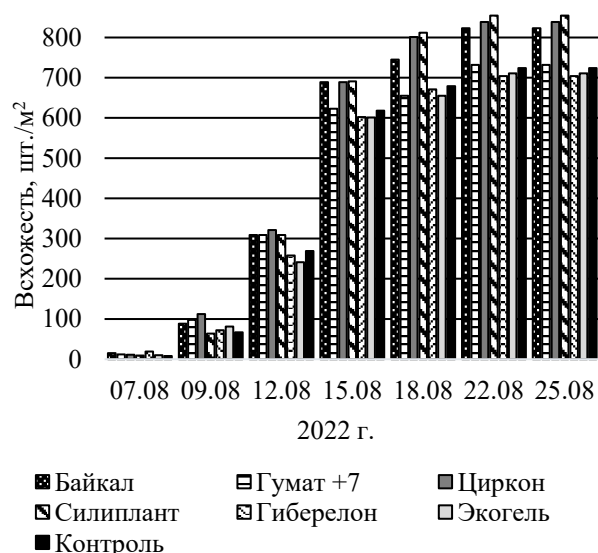


Рис. 1. Появление всходов березы повислой при летнем посеве (28.07.2022) в открытый грунт в зависимости от способа подготовки семян

Проведенное исследование показало, что на скорость появления всходов при летнем посеве в условиях открытого грунта оказывают воздействие применяемые стимуляторы роста. Однако это влияние неоднозначно. Так, в первые дни наблюдений преимущество в темпах появления всходов имели стимуляторы Циркон, Байкал и Гумат +7, но сравнялись по этому показателю с контрольным опытом на 8-й день после появления первых всходов (рис. 1).

Первые всходы во всех вариантах опыта регистрировались на 10-й день после посева, появление новых всходов прекратилось на 25-й день (рис. 1). От появления первых всходов до прекращения появления новых прошло около 15 дней. Влияния предпосевной подготовки на продолжительность этого периода не обнаружено. Пик появления всходов пришелся на 15–18-й день после посева. В этот период появились от 45 до 51% всходов (рис. 2).

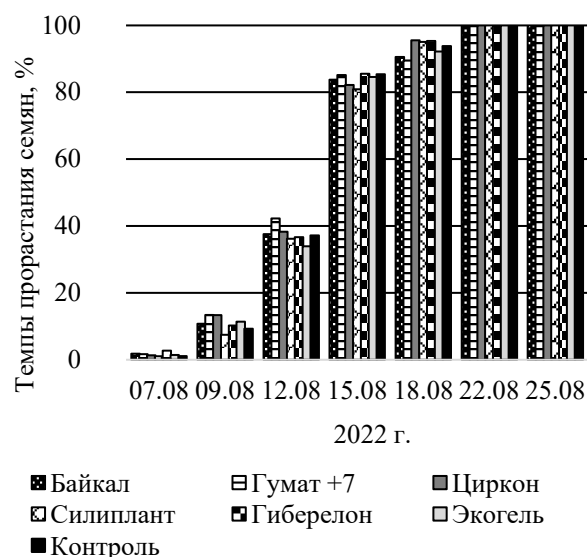


Рис. 2. Проращивание семян березы повислой при летнем посеве (28.07.2022) в открытый грунт в зависимости от способа их подготовки

Таблица 2

Результаты определения всхожести и сохранности сеянцев после обработки стимуляторами роста семян березы повислой при летнем посеве в условиях открытого грунта

Способы предпосевной подготовки	Всхожесть, шт./м ² , летом 2022 г.				Сохранность сеянцев, шт./м ² , осенью 2023 г.				Отпад, %
	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	p	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	p	
Обработка стимулятором: Байкал	823,1 ± 11,0	90,4	11,0	0,03	166,4 ± 17,5	49,5	29,7	0,26	80
Гумат +7	731,9 ± 8,3	60,6	8,3	0,73	181,8 ± 15,6	42,4	23,3	0,75	75
Циркон	838,6 ± 9,1	76,5	9,1	0,02	164,8 ± 10,2	28,9	17,6	0,48	80
Силиплант	854,4 ± 8,3	70,9	8,3	0,01	183,0 ± 11,3	32,0	17,5	0,40	79
Гиберелон	704,1 ± 7,5	53,0	7,5	0,17	161,1 ± 11,1	31,3	19,4	0,58	77
Экогель	710,9 ± 10,1	71,8	10,1	0,12	174,7 ± 11,1	31,4	18,0	0,78	76
Контроль	724,1 ± 9,1	65,9	9,1	–	162,5 ± 12,9	33,9	20,8	–	78

Примечание. Различия в средних значения существенны при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

Данные по сохранности семян на конец вегетации 2023 г. не показали достоверных отличий в количестве семян на 1 м² между способами подготовки семян. Количество семян на 1 м² находилось в диапазоне 161,1–181,8 шт. (см. табл. 2).

Исследование биометрических показателей семян после завершения вегетации не выявило достоверных отличий от контрольного опыта в средней высоте надземной части, диаметре стволика у корневой шейки и средней длине корня у семян, полученных из семян, подвергшихся предпосевной подготовке (табл. 3). Так, средняя высота надземной части составила 236,1–298,5 мм, диаметр стволика у корневой шейки – 4,5–4,8 мм, средняя длина корня – 255,7–288,9 мм (рис. 3). Соотношение длины корня к стволику находилось в диапазоне 0,9–1,2.

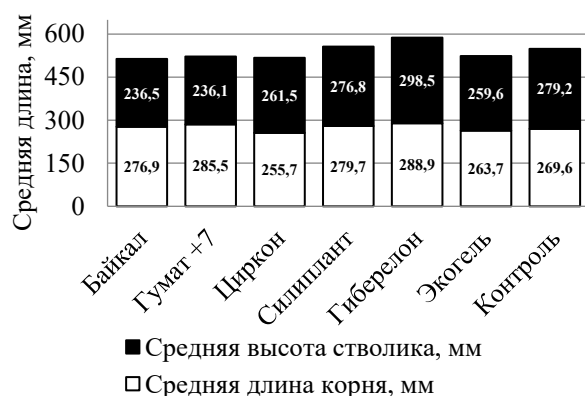


Рис. 3. Средние высота надземной части и длина корня семян березы повислой при летнем посеве (28.07.2022) в открытый грунт в зависимости от способа подготовки семян

Отпад семян был высоким и составил 75–80%, что было обусловлено засушливым летом 2022 и 2023 гг. (см. табл. 2). Уровень увлажнения является критически важным фактором для березы повислой на ранних этапах развития [28].

Коэффициент вариации для высоты надземной части семян, выращенных в открытом грунте, составил 31,6–53,1% для диаметра стволика у корневой шейки 27,7–35,2%, что говорит о высоком варьировании этих признаков. Коэффициент вариации для длины корня находился на среднем уровне (14,1–18,7%), что указывает на достаточно высокий уровень варьирования данного признака (табл. 3).

При наблюдении за темпами роста семян березы повислой при выращивании в открытом грунте (летний посев) не было выявлено значительной зависимости от применяемого регулятора роста на ростовые процессы в период вегетации. Интенсивный рост во всех вариантах опыта начинался в первой декаде июля, а заканчивался в третьей декаде августа. Окончательной высоты стволика семена во всех вариантах опыта достигли в первой декаде сентября (рис. 4).

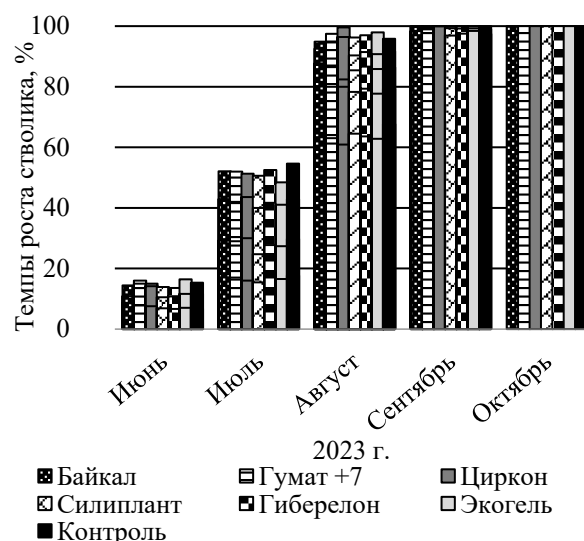


Рис. 4. Темпы роста стволика березы повислой при летнем посеве (28.07.2022) в открытый грунт в зависимости от способа подготовки семян

Таблица 3

Результаты определения биометрических показателей семян после обработки стимуляторами роста семян березы повислой при летнем посеве в условиях открытого грунта

Способы предпосевной подготовки	Средние значения высоты надземной части, мм				Средние значения диаметра стволика у корневой шейки, мм				Средние значения длины корня, мм				Соотношение корень/стволик	
	$X \pm m$	σ	$V, \%$	p	$X \pm m$	σ	$V, \%$	p	$X \pm m$	σ	$V, \%$	p	X_k/X_c	$V, \%$
Обработка стимулятором: Байкал	236,5 ± 24,6	103,1	53,1	0,23	4,7 ± 0,3	1,6	34,0	0,22	276,9 ± 8,7	39,0	14,1	0,55	1,1	22,2
Гумат +7	236,1 ± 22,1	125,6	47,7	0,10	4,8 ± 0,3	1,7	34,9	0,14	285,5 ± 11,2	50,3	17,6	0,06	1,2	17,4
Циркон	261,5 ± 16,2	112,5	31,6	0,42	4,7 ± 0,2	1,3	26,9	0,10	255,7 ± 8,9	39,6	15,5	0,85	1,0	19,1
Силиплант	276,8 ± 17,8	82,7	32,7	0,81	4,6 ± 0,3	1,6	34,0	0,83	279,7 ± 9,6	42,8	15,3	0,31	1,0	18,0
Гибберелон	298,5 ± 18,4	90,5	31,5	0,35	4,5 ± 0,2	1,3	27,7	0,84	288,9 ± 12,1	53,9	18,7	0,42	1,0	19,6
Экогель	259,6 ± 21,0	93,9	41,2	0,53	4,4 ± 0,3	1,6	35,2	0,84	263,7 ± 8,8	39,3	14,9	0,90	0,9	23,7
Контроль	279,2 ± 20,2	106,9	36,9	–	4,5 ± 0,2	1,5	33,6	–	269,6 ± 11,3	50,4	18,7	–	1,1	17,1

Примечание. Различия в средних значениях существенны при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

На втором этапе исследования были использованы разные способы подготовки семян березы повислой к посеву в условиях защищенного грунта. Выбор способов был основан на результатах всхожести на первом этапе и в соответствии с рекомендациями по вымачиванию семян в проточной воде со снегованием или без него с последующим высевом.

Полученные данные показывают, что предпосевная обработка стимулятором роста Силиплант способствовала увеличению всхожести семян на 29% по сравнению с контролем. Снегование на протяжении 49 сут с предварительным замачиванием семян уменьшило количество сеянцев на 13% по сравнению с контролем (рис. 5). При исследовании было обнаружено, что около 10% семян, прошедших снегование и высушенных в тени до состояния сыпучести, имели проросший зародышевый корешок. Это могло сказаться на всхожести сеянцев, так как корешки можно легко повредить в процессе посева. Замоченные на протяжении 7 сут семена имели запах брожения, однако процессы, которыми оно было вызвано, не повлияли на количество полученных всходов относительно контрольного опыта (табл. 4).

Появление всходов при весеннем посеве в условиях защищенного грунта также зависит от способа подготовки семян к посеву. Наиболее высокими темпами появления всходов обладали семена, подвергшиеся снегованию и предварительно замоченные на протяжении 3 и 7 сут. Было установлено, что семена, прошедшие снегование, начали всходить на 6-й день после высева, а более 90% всхожести достигли на 17-й день после высева. Семена, замоченные в воде на 3 и 7 сут, начали всходить на 9-й день после высева, а 90%-ной всхожести достигли на 19-й и 17-й день соответственно. Наше исследование не выявило влияния стимуляторов роста на темпы появления всходов березы повислой при выращивании сеянцев в условиях защищенного грунта. В контрольном опыте первые всходы появились на 13-й день, а прекратили появляться на 27-й день после высева (рис. 6).

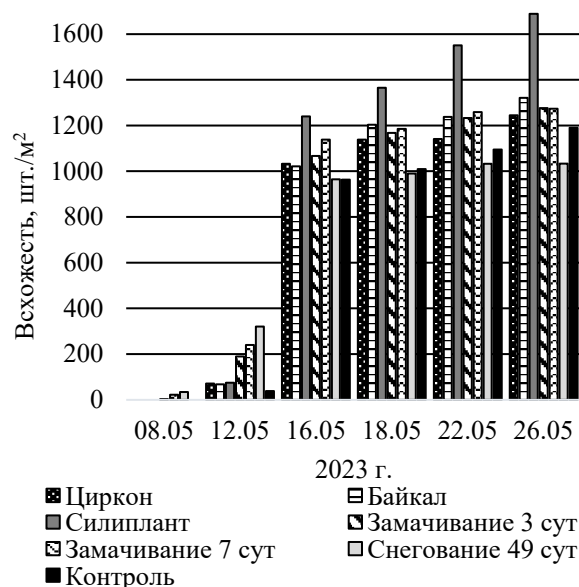


Рис. 5. Появление всходов березы повислой при весеннем посеве (29.04.2023) в защищенный грунт в зависимости от способа подготовки семян

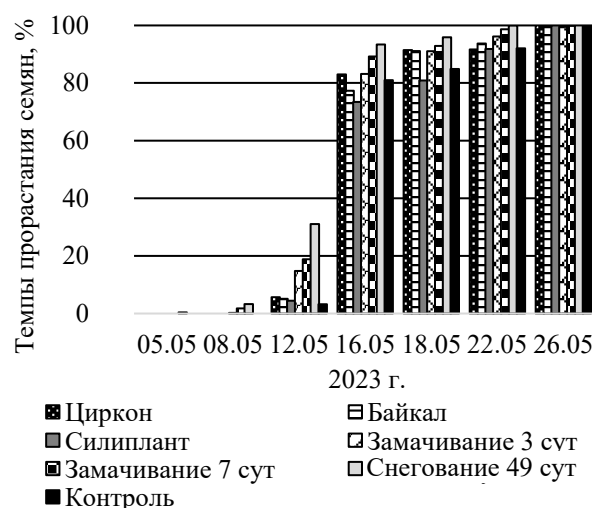


Рис. 6. Прорастание семян березы повислой при весеннем посеве (29.04.2023) в защищенный грунт в зависимости от способа их подготовки

Таблица 4

Результаты определения всхожести и сохранности сеянцев березы повислой при весеннем посеве в условиях защищенного грунта в зависимости от способов подготовки семян

Способы предпосевной подготовки	Всхожесть шт./м², осенью 2023 года				Сохранность шт./м², осенью 2023 года				Отпад, %
	$X \pm m$	σ	$V, \%$	p	$X \pm m$	σ	$V, \%$	p	
Обработка стимулятором: Циркон	1245,2 ± 54,7	154,8	12,4	0,98	220,5 ± 13,2	37,4	17,6	0,26	83
Байкал	1321,0 ± 10,3	29,2	2,3	0,16	242,8 ± 12,4	35,0	14,4	0,48	86
Силиплант	1688,8 ± 70,1	198,4	11,7	0,01	261,8 ± 11,4	32,4	12,4	0,04	87
Замачивание 3 сут	1283,2 ± 49,5	140,1	10,9	0,40	221,5 ± 14,2	40,3	18,2	1,00	83
Замачивание 7 сут	1276,2 ± 54,7	154,8	12,1	0,89	219,5 ± 8,8	25	11,6	0,21	81
Снегование 49 сут	1033,1 ± 47,9	135,4	13,1	0,02	212,8 ± 10,9	30,8	13,6	0,58	78
Контроль	1190,5 ± 26,9	76,3	6,1	—	232,3 ± 7,2	20,4	8,8	—	81

Примечание. Различия в средних значениях существенны при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

Период, за который в условиях защищенного грунта все семена достигли конечного значения всхожести, составил около 14 дней после появления первых всходов. Не было обнаружено влияние предпосевной подготовки семян на продолжительность этого периода, кроме случая, когда семена подвергались снегованию. Пик появления всходов пришелся на 13–17-й день после посева. В этот период отмечено от 68 до 78% всходов. Однако при снеговании всхожесть меньше – 62%, что обусловлено более ранними обильными всходами (рис. 6).

На конец вегетации было обнаружено влияние способа подготовки семян к посеву на сохранность всходов при предпосевной обработке стимулятором Силиплант. Количество сеянцев по отношению к контрольному опыту возросло на 8% и составило 261,8 сеянцев на 1 м². Сохранность сеянцев березы повислой на 1 м² для других вариантов была ниже и находилась в диапазоне 212,5–242,8 шт. (табл. 4).

Из-за высокой плотности размещения сеянцев наблюдались их заболеваемость и активный отпад (78–87%). Для предотвращения гибели посевов были проведены прореживания всходов, где согласно рекомендациям в первую очередь удалялись слабые, больные и поврежденные сеянцы [29].

Исследование биометрических показателей сеянцев после завершения вегетации показало достоверные отличия от контрольного опыта в высоте надземной части у сеянцев, полученных из семян после 49-суточного снегования, что связано с более ранними сроками появления всходов и удлинением вегетативного периода. Их высота возросла на 14%.

У сеянцев, семена которых подвергались предпосевной подготовке, средняя высота надземной части составляла 420,9–517,2 мм, средний диаметр стволика у корневой шейки – 4,9–5,4 мм, средняя длина корня – 225,7–275,3 мм и не превышала

толщину слоя субстрата 250–300 мм (табл. 5). Соотношение длины корня к стволу находилось в диапазоне 0,5–0,6 (рис. 8).



Рис. 7. Сеянцы березы повислой в условиях защищенного грунта (август 2023 г.)

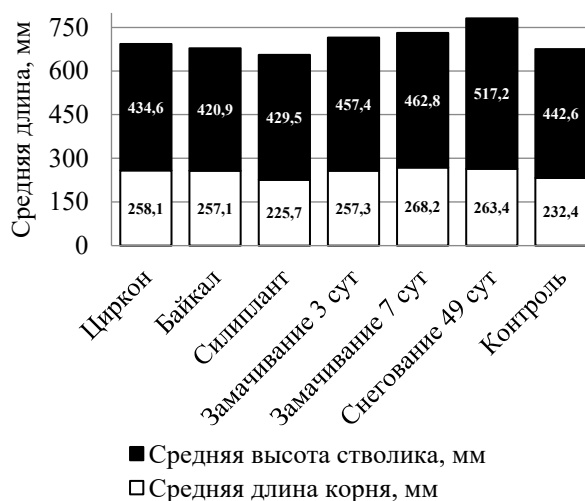


Рис. 8. Средние высота надземной части и длина корня сеянцев березы повислой при весеннем посеве (29.04.2023г.) в защищенный грунт в зависимости от способа подготовки семян

Таблица 5

Результаты определения биометрических показателей сеянцев после березы повислой при весеннем посеве в условиях защищенного грунта в зависимости от способа подготовки семян

Способы предпосевной подготовки	Средние значения высоты надземной части, мм				Средние значения диаметра стволика у корневой шейки, мм				Средние значения длины корня, мм				Соотношение корень/стволик	
	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	p	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	p	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	p	X_k/X_c	$V, \%$
Обработка стимулятором: Циркон	434,6 ± 29,1	200,9	46,2	0,91	5,2 ± 0,2	1,6	31,8	0,78	258,1 ± 13,2	19,8	22,3	0,85	0,6	20,9
Байкал	420,9 ± 30,9	211,6	50,3	0,80	5,2 ± 0,3	1,8	34,8	0,33	257,1 ± 17,0	28,8	28,9	0,17	0,6	17,7
Силиплант	429,5 ± 29,5	204,2	47,5	0,42	5,0 ± 0,2	1,6	31,2	0,23	225,7 ± 13,2	16,4	25,5	0,48	0,5	17,6
Замачивание 3 сут	457,4 ± 28,9	200,2	43,8	0,87	5,1 ± 0,2	1,7	30,8	0,89	275,3 ± 13,8	21,8	21,9	0,59	0,6	17,6
Замачивание 7 сут	462,8 ± 31,9	221,2	47,8	0,74	4,9 ± 0,2	1,6	32,4	0,68	268,2 ± 12,9	20,0	21,0	0,21	0,6	18,7
Снегование 49 сут	517,2 ± 35,9	248,6	48,1	0,03	5,4 ± 0,3	2,1	38,5	0,43	263,4 ± 11,3	18,7	18,7	0,65	0,5	20,6
Контроль	442,6 ± 33,1	229,0	51,7	—	5,0 ± 0,3	1,9	37,5	—	232,4 ± 10,4	33,2	19,5	—	0,5	18,7

Примечание. Различия в средних значениях существенны при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

При выращивании сеянцев березы повислой в закрытом грунте не наблюдалось значительного влияния применяемого регулятора роста на ростовые процессы в период вегетации. Сеянцы, из семян, подвергшихся снегованию и замоченных на протяжении 7 сут, имели более высокие темпы роста в начале вегетации и закончили рост раньше, чем сеянцы в контрольном опыте. Интенсивный рост во всех вариантах опыта начинался во второй декаде июня, а заканчивался в третьей декаде августа. При этом высота надземной части отличалась более равномерными темпами роста на всем протяжении вегетации по сравнению с ростом сеянцев в открытом грунте. Окончательной высоты стволика сеянцы во всех вариантах опыта достигли в первой декаде сентября (рис. 9).

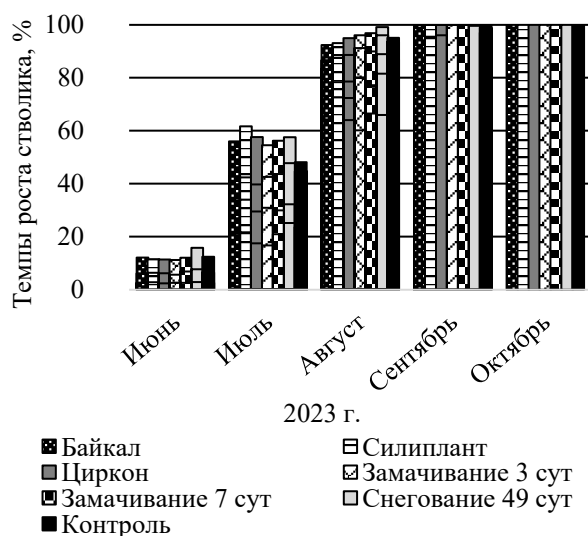


Рис. 9. Темпы роста стволика березы повислой при весеннем посеве (29.04.2023г.) в защищенный грунт в зависимости от способа подготовки семян

Полученные различия по всхожести, сохранности сеянцев и сравниваемым биометрическим показателям сеянцев при разных способах подготовки семян березы повислой к посеву в условиях открытого и защищенного грунта являются достоверными и подтверждаются статистическими значениями теста Уилкоксона (табл. 2–5).

Закключение. Использование стимуляторов роста для предпосевной обработки семян при выращивании сеянцев березы повислой в условиях открытого грунта влияет на показатели всхожести. Так, наблюдалось достоверное увеличение всхожести при использовании стимуляторов Силиплант, Байкал, Циркон на 14–18%. Однако не было выявлено влияние стимуляторов роста на сохранность всходов и биометрические показатели се-

янцев березы повислой при летнем посеве в условиях открытого грунта.

В условиях защищенного грунта на всхожесть значимое влияние оказал стимулятор Силиплант. Показатель всхожести превышал контрольный опыт на 29%, а сохранность всходов была больше на 11%. Снегование предварительно замоченных семян хотя и привело к возрастанию темпов появления всходов, но отрицательно сказалось на всхожести по отношению к контролю и составило 8%. В то же время данный способ обработки семян положительно сказался на средней высоте надземной части (превышение контрольного опыта на 14%). Замоченные на протяжении 7 дней семена незначительно уступали семенам, подвергшимся снегованию, в темпах появления всходов, при этом не отличались по показателям всхожести и сохранности всходов от контрольного опыта.

Результаты опытов показали, что на всхожесть и сохранность всходов, а также на биометрические параметры сеянцев березы повислой большее влияние оказывали условия произрастания, чем способы подготовки семян к посеву. Так, отличались не только биометрические параметры сеянцев, но и соотношение частей растения. Сеянцы, выращенные в открытом грунте, обладали значительно меньшей высотой стволика по отношению к сеянцам, выращенным в условиях защищенного грунта. Это различие в контрольных опытах составляло более 37%. При этом сеянцы открытого грунта обладали более длинным корнем и толщиной стволика у корневой шейки относительно высоты стволика, так соотношение корень/стволик у сеянцев, полученных в условиях открытого грунта, составило 0,9–1,1, у сеянцев, полученных в условиях защищенного грунта, 0,5–0,6.

Высев семян в условиях защищенного грунта необходимо проводить пониженной нормой, так как высокая густота получаемых всходов (в контрольном опыте более 1100 шт./м²) вызывает заболевания и требует дополнительных усилий по борьбе с болезнями и прореживании всходов.

По результатам исследований для увеличения количества всходов можно рекомендовать следующий способ – предпосевную обработку стимулятором Силиплант (замачивание на протяжении 30 мин, доза внесения препарата 3 мл/л); для увеличения темпов прорастания семян – вымачивание в водопроводной воде на протяжении 7 сут; для увеличения количества всходов и получения более крупномерного посадочного материала – выращивание сеянцев в условиях защищенного грунта в теплицах или использование коробов [30].

Список литературы

1. Чижов Б. Е., Агафонов Е. Ю., Козинец В. А. Особенности семенного возобновления берез лесостепи Западной Сибири // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. 2008. Вып. 8. С. 104–111.

2. Родионова А. С. Лесная ботаника (Морфология и систематика растений). М.: Лесная промышленность, 1980. 243 с.
3. Каледа В. М. Биология плодоношения березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в лесостепных районах Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Кулунда, 1984. 21 с.
4. К. В. Краснобаева [и др.] Динамика плодоношения березы повислой // Лесное хоз-во. 2007. № 1. С. 33–34.
5. Бажина Е. В., Скрипальщикова Л. Н., Барченков А. П. Особенности плодоношения березы повислой в красноярской лесостепи // Сибирский лесной журнал. 2018. №6. С. 112–120.
6. Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Влияние ионов кадмия на прорастание семян карельской березы и березы повислой // Труды Карельского научного центра РАН. 2020. № 3. С. 130–137. DOI: 10.17076/eb1195.
7. Chengjun Y., Guiying L. Effect of NaCl stress on germination of birch seeds // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2014. No. 6 (6). P. 1980–1986.
8. Brown M. T., Wilkins D. A. The effects of zinc on germination, survival and growth of *Betula* seed // Environmental Pollution. Ser. A, Ecological and Biological. 1986. Vol. 41. P. 53–61. DOI: 10.1016/0143-1471(86)90106-6.
9. Reyes O., Casal M., Trabaud L. The influence of population, fire and time of dissemination on the germination of *Betula pendula* seeds // Plant Ecology. 1997. No. 133. P. 201–208. DOI: 10.1023/A:1009751513547.
10. Наквасина Е. Н., Некрасова А. В., Прожерина Н. А. Сравнение березы повислой (*Betula pendula* Roth.) с разными типами коры по вегетативным и генеративным признакам // Лесной вестник. 2019. № 1. С. 28–36. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-28-36.
11. Tylkowski T. *Betula pendula* seed storage and sowing pre-treatment: effect on germination and seedling emergence in container cultivation // Dendrobiology. 2012. Vol. 67. P. 49–58.
12. Szabla K., Pabian R. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i technik w szkółkarstwie leśnym / wyd. II. Warszawa: CILP, 2009. 251 s.
13. Chmielarczyk P. Cryopreservation of conditionally dormant orthodox seeds of *Betula pendula* // Acta Physiol Plant. 2010. No. 32. P. 591–596. DOI: 10.1007/s11738-009-0437-6.
14. Кречетова Н. В. Справочник по лесосеменному делу. М.: Лесная промышленность, 1978. 334 с.
15. Ahola V., Leinonen K. Responses of *Betula pendula*, *Picea abies*, and *Pinus sylvestris* seeds to red/far-red ratios as affected by moist chilling and germination temperature // Canadian Journal of Forest Research. 1999. Vol. 29. P. 1709–1717. DOI: 10.1139/x99-128.
16. De Atrip N., O'reilly C. Effect of seed moisture content during prechilling on the germination response of alder and birch seeds // Seed Science and Technology. 2005. Vol. 33. P. 363–373. DOI: 10.15258/sst.2005.33.2.09.
17. V. Vanhatalo [et al.] Effect of prechilling on the dormancy of *Betula pendula* seeds // Canadian Journal of Forest Research. 1996. Vol. 26. P. 1203–1208. DOI: 10.1139/x26-134.
18. De Atrip N., O'Reilly C. Germination response of alder and birch seeds to applied gibberellic acid and priming treatments in combination with chilling // Annals of Forest Science. 2007. No. 64 (4). P. 385–394. DOI: 10.1051/forest:2007015.
19. Новосельцева А. И. Справочник по лесным питомникам. М.: Лесная промышленность, 1983. 280 с.
20. Коновалов В. Ф. Береза повислая на Южном Урале: структура популяций, селекция и воспроизводство: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.01. Йошкар-Ола, 2003. 503 л.
21. Кабанова С. А., Борцов В. А., Данченко М. А. Результаты опыта по предпосевной обработке семян и выращиванию сеянцев березы повислой в закрытом грунте // Лесотехнический журнал. 2019. № 3. С. 16–24. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/2.
22. Кабанова С. А., Данченко М. А. Результаты опыта по применению стимуляторов и укрывного материала для выращивания сеянцев березы повислой // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 67–71.
23. Пентелькина Н. В., Иванюшева Г. И. Выращивание сеянцев березы повислой с использованием регуляторов роста // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 31. С. 193–197.
24. Кречин Д. П. Выращивание сеянцев березы повислой под полиэтиленовой пленкой // Современные проблемы агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. РИЦ СГСХА. Кинель, 2016. С. 237–239.
25. Крючин Н. П., Артамонова О. А., Артамонов Е. И. Результаты исследований размерно-массовых характеристик сухих и замоченных семян сосны обыкновенной и березы бородавчатой // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения. 2016. С. 24–28.
26. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
27. Gomez K. A., Gomez A. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edit. New York: John Wiley and Sons, 1984. 680 p.
28. Hari P., Luukkanen O. Field studies of photosynthesis as affected by water stress, temperature, and light in birch // Physiologia Plantarum. 1974. Vol. 32, issue 2. P. 97–102. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1974.tb03734.x.

29. Якимов Н. И., Крук Н. К., Юренин А. В. Особенности агротехники выращивания сеянцев березы повислой в лесных питомниках // Труды БГТУ. 2013. № 1: Лесное хоз-во. С. 196–199.
30. Несекрыты выращивания березы // Лесное и охотничье хозяйство. 2023. № 5. С. 2–11.

References

1. Chizhov B. E., Agafonov E. Yu., Kozinets V. A. Peculiarities of seed renewal of birch trees in the forest-steppe of Western Siberia. *Lesnaya i lesnyye khozyaystvo Zapadnoy Sibiri* [Forests and forestry of Western Siberia], 2008, vol. 8, pp. 104–111 (In Russian).
2. Rodionova A. S. *Lesnaya botanika (Morfologiya i sistematika rasteniy)* [Forest botany (Morphology and systematics of plants)]. Moscow, Lesnaya Promyshlennost' Publ., 1980. 243 p. (In Russian).
3. Kaleda V. M. *Biologiya plodonosheniya berezy povisloy (Betula pendula Roth.) v lesostepnykh rayonakh Zapadnoy Sibiri. Avtoreferat dissertatsii kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Biology of fruiting of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in forest-steppe areas of Western Siberia. Abstract of thesis PhD (Agriculture)]. Kulunda, 1984. 21 p. (In Russian).
4. Krasnobaeva K. V., Mityashina S. Y., Lukin I. F., Singatullin I. K. Dynamics of fruiting of silver birch ash. *Lesnoye Khozyaystvo [Forestry]*, 2007, no. 1, pp. 33–34 (In Russian).
5. Bazhina E. V., Skripalshchikova L. N., Barchenkov A. P. Features of fruiting of silver birch in the Krasnoyarsk forest-steppe. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal], 2018, no. 6, pp. 112–120 (In Russian).
6. Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Influence of cadmium ions on germination of seeds of Karelian birch and silver birch. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2020, no. 3, pp. 130–137. DOI: 10.17076/eb1195 (In Russian).
7. Chengjun Y., Guiying L. Effect of NaCl stress on germination of birch seeds. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2014, no. 6 (6), pp. 1980–1986.
8. Brown M. T., Wilkins D. A. The effects of zinc on germination, survival and growth of *Betula* seed. *Environmental Pollution* ser. A, Ecological and Biological, 1986, vol. 41, pp. 53–61. DOI: 10.1016/0143-1471(86)90106-6.
9. Reyes O., Casal M., Trabaud L. The influence of population, fire and time of dissemination on the germination of *Betula pendula* seeds. *Plant Ecology*, 1997, no. 133, pp. 201–208. DOI: 10.1023/A:1009751513547.
10. Nakvasina E. N., Nekrasova A. V., Prozherina N. A. Comparison of birch (*Betula pendula* Roth.) with different types of bark on vegetative and generative traits. *Lesnoy vestnik* [Forest Bulletin], 2019, no. 1, pp. 28–36. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-28-36 (In Russian).
11. Tylkowski T. *Betula pendula* seed storage and sowing pre-treatment: effect on germination and seedling emergence in container cultivation. *Dendrobiology*, 2012, vol. 67, pp. 49–58.
12. Szabla K., Pabian R. Szkółkarstwo kontenerowe. *Nowe technologie i technik w szkółkarstwie leśnym*. Warsaw, CLIP Publ., 2009. 251 p. (In Polish).
13. Chmielarsz P. Cryopreservation of conditionally dormant orthodox seeds of *Betula pendula*. *Acta Physiol Plant*, 2010, no. 32, pp. 591–596. DOI: 10.1007/s11738-009-0437-6.
14. Krechetova N. V. *Spravochnik po lesosennomu delu* [Handbook of forest seed production]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1978. 334 p. (In Russian).
15. Ahola V., Leinonen K. Responses of *Betula pendula*, *Picea abies*, and *Pinus sylvestris* seeds to red/far:red ratios as affected by moist chilling and germination temperature. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999, vol. 29, pp. 1709–1717. DOI: 10.1139/x99-128.
16. De Atrip N., O'reilly C. Effect of seed moisture content during prechilling on the germination response of alder and birch seeds. *Seed Science and Technology*, 2005, vol. 33, pp. 363–373. DOI: 10.15258/sst.2005.33.2.09.
17. Vanhatalo V., Leinonen K., Rita H., Nygren M. Effect of prechilling on the dormancy of *Betula pendula* seeds. *Canadian Journal of Forest Research*, 1996, vol. 26, pp. 1203–1208. DOI: 10.1139/x26-134.
18. De Atrip N., O'Reilly C. Germination response of alder and birch seeds to applied gibberellic acid and priming treatments in combination with chilling. *Annals of Forest Science*, 2007, no. 64 (4), pp. 385–394. DOI: 10.1051/forest:2007015.
19. Novoseltseva A. I. *Spravochnik po lesnym pitomnikam* [Handbook on forest nurseries]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1983. 280 p. (In Russian).
20. Kononov V. F. *Bereza povislaja na Juzhnom Urale: struktura populyatsiy, selektsiya i vosproizvodstvo. Dissertatsiya doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Birch ash in the Southern Urals: structure of populations, selection and reproduction. Dissertation DSc (Agriculture)]. Yoshkar-Ola, 2003. 503 p. (In Russian).
21. Kabanova S. A., Bortsov V. A., Danchenko M. A. Results of the experiment on pre-sowing seed treatment and cultivation of silver birch seedlings in the closed ground. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forest Engineering Journal], 2019, no. 3, pp. 16–24. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/2 (In Russian).
22. Kabanova S. A., Danchenko M. A. Results of the experiment on the use of stimulants and sheltering material for growing seedlings of silver birch. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in modern natural science], 2018, no. 4, pp. 67–71 (In Russian).

23. Pentelkina N. V., Ivanyusheva G. I. Growing silver birch seedlings with the use of growth regulators. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of forest complex], 2012, no. 31, pp. 193–197 (In Russian).
24. Krechin D. P. Cultivation of silver birch seedlings in the greenhouse. *Sovremennyye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sbornik nauchnykh trudov: RIS SGSKHA* [Modern problems of agroindustrial complex: collection of scientific papers of: RIC SGSKHA]. Kinel, 2016, pp. 237–239 (In Russian).
25. Kryuchin N. P., Artamonova O. A., Artamonov E. I. Results of studies of size-mass characteristics of dry and soaked seeds of common pine and silver birch. *Aktual'nye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya* [Actual problems of agrarian science and ways of their solution], 2016, pp. 24–28 (In Russian).
26. Zaitsev G. N. *Metodika biometricheskih raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Methodology of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 256 p. (In Russian).
27. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edit. New York, John Wiley and Sons Publ., 1984. 680 p.
28. Hari P., Luukkanen O. Field studies of photosynthesis as affected by water stress, temperature, and light in birch. *Physiologia Plantarum*, 1974, vol. 32, issue 2, pp. 97–102. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1974.tb03734.x.
29. Yakimov N. I., Kruk N. K., Yurenaya A. V. Features of agrotechnics of growing silver birch seedlings in forest nurseries. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 1: Forestry, pp. 196–199 (In Russian).
30. Not the secrets of growing birch. *Lesnoe i okhotnich'ye khozyaystvo* [Forestry and hunting], 2023, no 5, pp. 2–11 (In Russian).

Информация об авторах

Татун Евгений Владимирович – аспирант кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: evgeniy.tatun@mail.ru

Носников Вадим Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nosnikov@belstu.by

Information about the authors

Tatun Yauheni Uladzimiravich – PhD student, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: evgeniy.tatun@mail.ru

Nosnikov Vadim Valer'evich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nosnikov@belstu.by

Поступила 05.11.2024