

**БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ГУСТОТА ОДНОЛЕТНИХ
СЕЯНЦЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ
ПРИ РАЗНЫХ НОРМАХ ВЫСЕВА СЕМЯН**

Татун Е.В.¹, Носников В.В.²

¹Национальный парк «Браславские озера»

²БГТУ (г. Минск, Республика Беларусь)

Целью исследования было выявить влияние нормы высева семян березы повислой на биометрические показатели сеянцев при выращивании их в условиях закрытого грунта. Результаты показали статистически значимую обратную зависимость между нормой высева и рядом биометрических показателей. Наблюдалась сильная отрицательная корреляция между нормой высева и высотой надземной части, средней массой сеянцев и массой корневой системы в абсолютно сухом состоянии.

При уменьшенной норме высева 2 г/м² средняя высота стволика составила 212,78 мм, средний диаметр стволика у корневой шейки – 2,20 мм, количество стандартных сеянцев – 58 % (283 шт./м²), что превосходило сеянцы полученные при рекомендованной норме высева 8 г/м² в высоте надземной части на 49 %, диаметре стволика у корневой шейки на 54 %. Количество сеянцев на 1 м² при норме высева 8 г/м² было на 69 % выше, однако ни один из них не достиг стандартных показателей. После прореживания части всходов в опытных целях количество сеянцев на конец вегетации составило 208 шт./м², при этом сеянцы превосходили выращенные при норме высева 2 г/м², по высоте надземной части на 41 % и по диаметру стволика у корневой шейки на 22 %, а выход стандартных сеянцев был более 80 %. Результаты исследования показали, что грунтовая всхожесть семян березы повислой была на 29–33 % ниже технической.

Таким образом, увеличение нормы высева приводит к значительному снижению биометрических показателей сеянцев, в то время как пониженная норма высева (2 г/м²) и прореживание являются эффективными методами повышения качества посадочного материала березы.

Ключевые слова: береза повислая, норма высева, сеянцы, закрытый грунт, биометрические показатели.

**BIOMETRIC PARAMETERS AND DENSITY
OF ANNUAL SILVER BIRCH SEEDLINGS IN GREENHOUSE
AT DIFFERENT SEED SOWING RATES**

Tatun Ya.U., Nosnikov V.V.

The aim of the study was to reveal the influence of seed rate of silver birch on biometric parameters of seedlings when growing them in greenhouse. The results showed statistically significant inverse correlation between seeding rate and a num-

ber of biometric parameters. There was a strong negative correlation between seeding rate and the height of the above-ground part, the average weight of seedlings and the weight of the root system in an absolutely dry state.

At the reduced seeding rate of 2 g/m² average stem height was 212.78 mm, average stem diameter at the root neck – 2.20 mm, the number of standard seedlings 58 % (283 pcs/m²), which was superior to the seedlings obtained at the recommended seeding rate of 8 g/m² in the height of the above-ground part by 49 %, root-collar diameter 54 %. The number of seedlings per 1 m² at a seeding rate of 8 g/m² was 69 % higher, but none of them reached the standard values. After thinning of a part of seedlings in the experimental purposes the number of seedlings at the end of vegetation amounted to 208 pcs/m², and the seedlings exceeded those grown at seeding rate of 2 g/m² in height of the above-ground part by 41 % and in root-collar diameter 22 %, and the yield of standard seedlings was more than 80 %. The results of the study showed that the ground germination of silver birch seeds was 29–33 % lower than the technical germination.

Thus, an increase in seeding rate leads to a significant decrease in biometric parameters of seedlings, while a reduced seeding rate (2 g/m²) and thinning are effective methods to improve the quality of birch planting material.

Keywords: silver birch, seeding rate, seedlings, greenhouse, biometric parameters.

ВВЕДЕНИЕ

Использование закрытого грунта представляет собой перспективный подход к выращиванию сеянцев березы повислой с открытой корневой системой [1; 2]. Регулирование параметров среды, автоматизированный полив и специализированные субстраты с применением минеральных удобрений для основной заправки и в качестве подкормок позволяет не только сократить период выращивания сеянцев, но и повысить количественные и качественные показатели получаемого посадочного материала [1–3].

В Республике Беларусь рекомендованная норма высева семян березы повислой для сплошного посева составляет 80 кг/га, без дифференциации для условий открытого и закрытого грунта [4]. Однако ряд исследователей отмечает, что условия закрытого грунта способствуют увеличению всхожести семян, это обуславливает необходимость снижения нормы высева или проведения прореживания при избыточной густоте всходов [1; 3]. Данные выводы подтверждаются результатами наших наблюдений [4]. Снижать норму высева необходимо и в случаях, когда семена прошли стратификацию (снегование) [5, с. 67].

Исследования демонстрируют, что, например, у сеянцев дуба красного и ореха черного уменьшение нормы высева приводит к увеличению высоты, диаметра стволика у корневой шейки и лучшему развитию корневой системы, это положительно сказывается на их приживаемости и росте после

пересадки [6]. Аналогичные результаты были получены для сосны австрийской, ясеня узколистного и вяза разрезного, где снижение густоты посева способствовало улучшению морфологических характеристик, таких как высота и диаметр стволика у корневой шейки [7–9]. В то же время норма высева ольхи черной оказывает незначительное влияние на сохранность всходов в конце вегетационного периода [10, с. 258].

Результаты опроса, проведенного среди 73 лесных питомников Республики Беларусь, показали, что около 28 % используют условия закрытого грунта для выращивания сеянцев березы повислой с открытой корневой системой, это подчеркивает актуальность рассматриваемых в статье вопросов.

Цель исследования – установить влияние нормы высева на биометрические параметры березы повислой при выращивании в условиях закрытого грунта.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось на базе лесного питомника Друйского лесничества (Браславский район, Витебская область, GPS 55.744314, 27.261671).

С целью определения влияния нормы высева семян березы повислой на биометрические показатели сеянцев в закрытом грунте были заложены опытные посевы. Для высева использовались семена березы повислой, хранившиеся в холодильнике (при $t=4\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Техническая всхожесть определялась путем проращивания семян в чашках Петри. Выполнялись 4 повтора, каждый включал 100 семян. Процесс проращивания проводился при температуре $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подсчет нормально проросших семян осуществлялся ежедневно в течение 15 дней. Техническая всхожесть семян по результатам опыта составила 46 %.

Высев производился 26 апреля 2024 г. в условиях закрытого грунта, вразброс на подготовленных грядках шириной 1,5 м с нормами высева: 2, 4, 6, 8, 10, 12 г/м², без мульчирования. Опыт проводился в 6-кратной повторности. В качестве субстрата использовался верховой торф фракцией 0–30, кислотность 2,5–3,0 pH, с внесением 1 кг/м³ удобрения Yara PGmix NPK + Mg + micro и 1 кг/м³ доломитовой муки.

Уход за сеянцами включал в себя предпосевное внесение в субстрат триходермина БЛ (100 кг/га), подкормки 0,5–1 %-м раствором сульфат аммония в количестве 30 кг/га (15.05, 11.07, 17.07), комплексного удобрения Kristalon особый в количестве 20 кг/га (03.06, 17.06, 05.07, 25.07), Kristalon желтый в количестве 50 кг/га (06.08), Kristalon коричневый в количестве 50 кг/га (27.08), а также мелкокапельный полив 1–2 раза в день, ручная прополка посевов, 4-кратная обработка фунгицидом Ракс с нормой внесения 0,5 л/га (20.06, 01.07, 17.07, 27.08). Часть всходов в опытных целях было прорежено согласно рекомендациям [3].

Степень развития структурно-функциональных органов семян оценивалась в конце вегетации, посредством измерения высоты надземной части линейкой вдоль оси стволика от корневой шейки до основания почки центрального побега, измерения диаметра семян у корневой шейки электронным штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, измерения массы в абсолютно сухом состоянии семян с точностью до 0,02 г, не менее чем у 100 семян в каждом варианте посева.

Обработка полученных данных проводилась в программе STATISTICA 12. Для каждого биометрического параметра вычислялись: среднее арифметическое (\bar{X}), стандартное квадратическое отклонение (σ), ошибка среднего ($\pm m$), коэффициент вариации (V), коэффициент корреляции (r), значение вероятности (p). Варьирование признака считалось слабым при коэффициенте вариации 0–10 %, при 10–20 % – средним, 20 % и более – высоким [11, с. 41–42]. Стандартные семена определялись согласно параметрам, указанным в ТКП 574-2015 (33090) (высота надземной части для 2-летних семян не менее 20 см, диаметр стволика у корневой шейки не менее 2,0 мм) [12]. Масса 1000 сухих семян считалась равной 0,21 г [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных опытов было установлено, что грунтовая всхожесть семян березы повислой в условиях закрытого грунта составила 13–17%, это на 29–33 % меньше определенной технической всхожести (рисунки 1).

В таблице 1 представлены данные о количестве высеванных семян и их всхожести в зависимости от нормы высева.

Таблица 1 – Результаты определения грунтовой всхожести и сохранности семян в условиях закрытого грунта

Высеяно семян, г/м ²	Высеяно семян, шт/м ²	Грунтовая всхожесть, %	Грунтовая всхожесть, шт/м ²	Сохранность семян, шт/м ²	Отпад, %
2	9524	17	1640	489	70
4	19048	15	2806	783	72
6	28572	13	3789	1177	68
8	38096	13	4886	1555	68
10	47620	16	7534	1972	73
12	57144	16	9125	2597	72

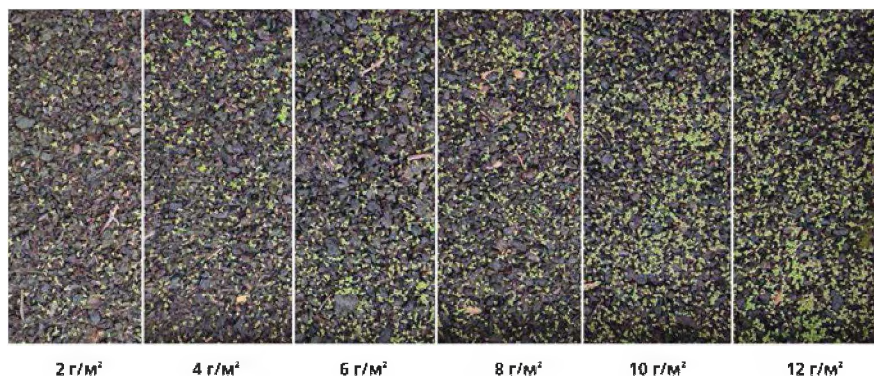


Рисунок 1 – Всхожесть на конец наблюдений (19.06.2024 г.) при разной норме высева семян березы повислой в условиях закрытого грунта

Норма высева семян березы повислой в условиях закрытого грунта имеет очень сильное влияние на сохранность семян (таблица 2) [14]. Отпад семян был на высоком уровне и находился в диапазоне 68–73 %, при этом зависимости уровня отпада от нормы высева не было выявлено (таблица 1).

Таблица 2 – Корреляционный анализ взаимосвязи увеличения нормы высева в условиях закрытого грунта на сохранность всходов и биометрические показатели семян березы повислой

Значения	Сохранность всходов	Средние значения высоты надземной части	Средние значения диаметра стволика у корневой шейки	Средние значения длины корня	Средние значения сухой массы семян		
					Всего	Стволик	Корень
<i>r</i>	0.99	–0.78	–0.36	–0.66	–0.72	–0.61	–0.74
<i>p</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Примечание. Отмеченные корреляции значимы при $p < 0,05$.

Результаты исследования биометрических показателей семян березы повислой, выращенных в условиях закрытого грунта, выявили статистически значимую обратную зависимость между нормами высева и рядом биометрических показателей. В частности, наблюдалась сильная отрицательная корреляция между нормой высева и высотой надземной части, а также средней массой семян и массой корневой системы в абсолютно сухом состоянии. Средняя отрицательная корреляция установлена для длины корневой системы и массы надземной части в абсолютно сухом состоянии. Слабая отрицательная корреляция отмечена для диаметра стволика у корневой шейки (таблица 2) [14]. Полученные данные свидетельствуют о существенном влиянии нормы высева, а следовательно, и густоты семян на ростовые процессы.

Таблица 3 – Биометрические показатели однолетних сеянцев березы повислой при различной норме высева семян в условиях закрытого грунта

Норма высева г/м ²	Средние значения высоты надземной части, мм			Средние значения диаметра стволика у корневой шейки, мм			Средние значения длины корня, мм			Соотношение корень:стволик	Соотношение стволик: диаметр у корневой шейки
	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$		
2	212,78 ± 4,96	47,3	22,2	2,20 ± 0,07	0,6	28,9	199,09 ± 4,71	41,1	20,6	0,9	97
4	172,31 ± 2,30	25,0	14,5	1,89 ± 0,05	0,5	25,6	192,18 ± 3,05	28,9	15,0	1,1	91
6	146,98 ± 2,03	22,2	15,1	1,46 ± 0,04	0,4	26,5	164,76 ± 3,72	35,1	21,3	1,1	101
8	109,61 ± 1,43	15,9	14,5	1,02 ± 0,03	0,3	26,4	155,45 ± 2,78	27,4	17,6	1,4	107
10	98,61 ± 1,65	16,9	16,0	0,99 ± 0,03	0,3	23,8	143,67 ± 3,25	32,1	20,5	1,5	100
12	74,83 ± 0,86	10,6	14,2	0,71 ± 0,02	0,2	26,1	113,24 ± 2,56	21,4	18,9	1,5	105

Средняя высота стволика во всех вариантах высева находилась в диапазоне 74,83–212,78 мм, средний диаметр стволика у корневой шейки 0,71–2,20 мм, средняя длина корня 113,24–199,09 мм, средняя масса сеянцев в абсолютно сухом состоянии 0,08–0,47 г (таблица 3, 4; рисунок 2). При этом самое большое влияние норма высева оказывала на среднюю массу сеянцев в абсолютно сухом состоянии, при увеличении нормы высева с 2 г/м² до 12 г/м² это значение уменьшилось почти в 6 раз (таблица 4).



Рисунок 2 – Сеянцы в конце вегетации при прореживании всходов (1) и разной норме высева (2–2 г/м², 3–4 г/м², 4–6 г/м², 5–8 г/м², 6–10 г/м², 7–12 г/м²) семян березы повислой в условиях закрытого грунта

Таблица 4 – Абсолютно сухая масса однолетних сеянцев березы повислой при различной норме высева семян в условиях закрытого грунта

Норма высева г/м ²	Средние значение сухой массы сеянцев									Соотношение сухой массы ствол: корень
	Всего, г $\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	Ствол, г $\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	Корень, г $\bar{X} \pm m$	σ	$V, \%$	
2	0,47 ± 0,027	0,19	40,8	0,16 ± 0,012	0,08	51,2	0,31 ± 0,018	0,13	40,7	0,5
4	0,35 ± 0,017	0,12	34,7	0,13 ± 0,008	0,06	44,1	0,22 ± 0,010	0,07	31,4	0,6
6	0,23 ± 0,011	0,08	33,9	0,07 ± 0,005	0,04	48,7	0,15 ± 0,006	0,04	28,6	0,5
8	0,16 ± 0,008	0,05	37,0	0,06 ± 0,004	0,03	45,8	0,10 ± 0,005	0,03	37,1	0,6
10	0,13 ± 0,007	0,05	38,7	0,05 ± 0,004	0,02	51,1	0,08 ± 0,006	0,04	46,5	0,6
12	0,08 ± 0,009	0,06	78,0	0,03 ± 0,002	0,02	60,6	0,05 ± 0,008	0,05	108,8	0,6

Соотношение высоты надземной части к диаметру стволика у корневой шейки является индикатором интенсивности конкурентных взаимодействий между сеянцами хвойных пород [15]. По результатам проведенного эксперимента, не было обнаружено значительного различия в значениях этого соотношения при различных нормах высева семян березы повислой в условиях закрытого грунта и, по-видимому, использовать этот показатель как индикатор интенсивности конкурентных взаимодействий между сеянцами березы повислой не целесообразно. С возрастанием нормы высева наблюдалось возрастание значений соотношения длины корня к длине стволика. Так, значения находились в диапазоне 0,9–1,5, а минимальное значение отличалось от максимального на 40 % (таблица 3).

Значительных различий в соотношении сухой массы ствол: корень не обнаружено. Значения находились в диапазоне 0,5–0,6. Во всех вариантах эксперимента этот показатель находился в пределах оптимума, не превышая 2,5 (таблица 4, рисунок 3) [16, с. 24].

Самыми высокими исследуемыми параметрами обладали сеянцы, полученные при самой низкой норме высева 2 г/м² и сохранности всходов 489 шт/м². Так, средняя высота стволика в этом варианте опыта составляла 212,78 мм, а средний диаметр стволика у корневой шейки – 2,20 мм, что превышает стандартные значения на 6 и 9 % соответственно, а количество стандартных сеянцев составило 58 % (283 шт/м²) (таблица 3, 4). Одновременно с этим, наши наблюдения показывают, что коэффициент вариации также имел самые высокие показатели для высоты надземной части и длины корня у этого варианта высева, это говорит о возрастании изменчивости этих показателей при уменьшении густоты сеянцев.

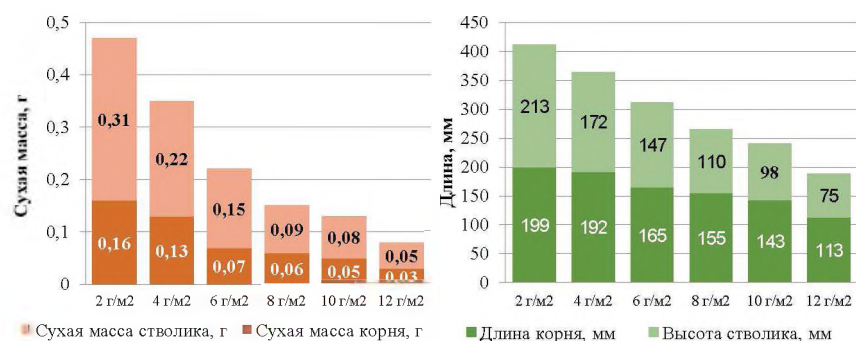


Рисунок 3 – Средняя масса сеянцев в абсолютно сухом состоянии и средняя длина сеянцев березы повислой в условиях закрытого грунта в зависимости от нормы высева

Рекомендуемая нормы высева семян березы повислой в открытом грунте, согласно ТКП 575-2015, составляет 8 г/м², что соответствует нормам, применяемым в закрытом грунте. Сравнение биометрических показателей сеянцев, выращенных при рекомендуемой норме посева (8 г/м²) и при сниженной норме посева (2 г/м²), выявил существенные различия. Сеянцы, выращенные при высеве 2 г/м², продемонстрировали статистически значимое увеличение высоты надземной части на 49 % ($p = 0,00$), диаметра стволика у корневой шейки на 54 % ($p = 0,00$), длины корня на 22 % ($p = 0,00$) и общей массы в абсолютно сухом состоянии на 68 % ($p = 0,00$) по сравнению с сеянцами, выращенными при нормах высева 8 г/м² (таблица 3, 4). При этом количество сеянцев на 1 м² при норме высева 8 г/м² была выше на 69 %, но ни один не достиг стандартных показателей [12].

Для сравнения влияния сниженных норм высева и прореживания на конечные биометрические показатели сеянцев часть посевов была прорежена в соответствии с рекомендациями до целевой густоты 25–30 сеянцев на 100 см² [3]. В результате прореживания количество сеянцев составила 208 шт./м², что на 57 % ниже, чем при высеве 2 г/м². При значительно меньшей густоте, сеянцы, подвергшиеся прореживанию, превосходили сеянцы, выращенные при норме высева 2 г/м², по высоте надземной части на 41 % ($p = 0,00$) и по диаметру корневой шейки на 22 % ($p = 0,00$) (рисунок 2). Выход стандартных сеянцев составил более 80 %.

Полученные различия в сравниваемых биометрических показателях сеянцев березы повислой, являются достоверными и подтверждаются статистическими значениями теста Уилкоксона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для получения достаточного количества посадочного материала березы повислой в условиях закрытого грунта необходимо учитывать, что грунтовая всхожесть значительно ниже технической, по результатам наших наблюдений на 29–33 %.

Увеличение нормы высева приводит к значительному снижению биометрических показателей сеянцев березы повислой, хотя и увеличивает их количество на единицу площади. При этом самое большое влияние норма высева оказывала на среднюю массу сеянцев в абсолютно сухом состоянии, при увеличении нормы высева с 2 г/м² до 12 г/м² это значение уменьшилось почти в 6 раз.

Сеянцы, выращенные в условиях закрытого грунта при пониженной норме высева 2 г/м², демонстрируют увеличение высоты надземной части на 49 %, диаметра стволика у корневой шейки на 58 %, длины корня на 22 % и общей массы в абсолютно сухом состоянии на 68 % по сравнению с сеянцами, выращенными при рекомендованной норме высева 8 г/м². Количество сеянцев на 1 м² при норме высева 8 г/м² выше на 69 %, но ни один не достиг стандартных показателей. При пониженной норме высева 2 г/м² количество стандартных сеянцев составило 58 % (283 шт./м², при норме выхода 50 шт./м²).

Прореживание также, как и понижение нормы высева, является эффективным методом повышения качества сеянцев и позволяет получить высокий выход стандартных сеянцев (более 80 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кречин, Д. П. Выращивание сеянцев березы повислой под полиэтиленовой пленкой / Д. П. Кречин // Современные проблемы агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. РИЦ СГСХА. – Кинель, 2016. – С. 237–239.
2. Несекреты выращивания березы... // Лесное и охотничье хозяйство. – 2023. – № 5. – С. 2–13.
3. Якимов, Н. И. Особенности агротехники выращивания сеянцев березы повислой в лесных питомниках / Н. И. Якимов, Н. К. Крук, А. В. Юренин // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2013. – № 1. – С. 196–197.
4. Татун, Е. В. Влияние предпосевной обработки семян березы повислой (*Betula pendula*) на всхожесть и биометрические показатели посадочного материала / Е. В. Татун, В. В. Носников // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 1 (288). С. 37–47.
5. Новосельцева, А. И. Справочник по лесным питомникам. / А. И. Новосельцева, Н. А. Смирнов. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 280 с.

6. Schultz, R. Effect of density control and undercutting on root morphology of 1+0 bareroot hardwood seedlings: five-year field performance of root-graded stock in the central USA / R. Schultz, J. Thompson // *New Forests*. – 1997. – no. 13. P. 301–314. DOI: 10.1023/A:1006594510503.
7. Devetaković, J. Effect of sowing pattern and density on the quality of one-year-old Austrian pine bareroot seedlings / J. Devetaković, L. Krinulović, I. Janković // *Reforesta*. – 2020. – no. 10. – P. 25–30. DOI: 10.21750/refor.10.03.86.
8. Fidan, C. Effects of organic matter content and seedling density for growing bare-root narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* vahl.) seedlings / C. Fidan // *Journal of forest science*. – 2017. – Vol. 5. – P. 87–93. DOI: 10.31195/EJEJFS.351286.
9. Wen, L. (2001). Influence of the Different Densities on the Growth of *Ulmus elongata* Seedlings / L. Wen // *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*. – 2001. – Vol. 28. – P. 74–80.
10. Szkółkarstwo leśne od A do Z February / M. Hauke-Kowalska. – Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 2009. – 390 p.
11. Зайцев, Г. Н. Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М. : Наука, 1973. – 256 с.
12. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь = Настаўленне па вырошчванні пасадкага матэрыялу драўняных і хмызняковых відаў у лясных гадавальніках рэспублікі беларусь : ТКП 575-2015 (33090). – Введ. 15.12.15 (с отменой «Наставление по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии», Мн., 1986.). – Минск : Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, 2015. – 61 с.
13. Крючин, Н. П. Результаты исследований размерно-массовых характеристик сухих и замоченных семян сосны обыкновенной и березы бородавчатой / Н. П. Крючин, О. А. Артамонова, Е. И. Артамонов // *Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения* – 2016. – С. 24–28.
14. Баврина, А. П. Современные правила применения корреляционного анализа / А. П. Баврина, И. Б. Борисов // *Помощь исследователю*. – 2021. – № 3(68). – С. 71–73.
15. Якимов, Н. И. Биометрические показатели и густота однолетних сеянцев сосны и ели в закрытом грунте при разных нормах посева семян / Н. И. Якимов, Н. К. Крук, А. В. Юренин // *Проблемы лесоведения и лесоводства*. – Гомель, 2016. – Вып. 76. – С. 302–306.
16. 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.

Статья поступила в редколлегию 07.05.2025 г.

