

УДК 630*232.329.6

Е. В. Татун, В. В. Носников

Белорусский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЛОНГИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Целью исследования было установить степень влияния на биометрические показатели однолетних сеянцев березы повислой с закрытой корневой системой (ЗКС) удобрений пролонгированного действия, используемых в процессе приготовления субстрата.

В результате было установлено, что биометрические показатели сеянцев, завершивших вегетацию и полученных на субстрате с добавлением удобрения Basacote Plus 6M в количестве 1,5 кг/м³, превышали на 41% в высоте стволика, на 14% в диаметре стволика у корневой шейки, на 35% в массе в абсолютно сухом состоянии эти показатели для сеянцев, полученных на субстрате с добавлением того же удобрения в количестве 1,0 кг/м³. Применение удобрения Basacote Plus 6M в дозе 1,5–2,0 кг/м³ достаточно для получения стандартного посадочного материала березы повислой. Увеличение дозы с 1,5 до 2,0 кг/м³ привело к 14%-ному увеличению диаметра стволика, но не повлияло на высоту и массу сеянцев в абсолютно сухом состоянии.

Достоверных различий в биометрических показателях между сеянцами, полученными при основной заправке субстрата удобрением PG mix (1,0 кг/м³) с подкормками и Basacote Plus 6M (1,5 кг/м³) без подкормок не выявлено, при этом стоимость минеральных удобрений в первом случае была на 54% ниже.

Выращенные на субстратах с Basacote Plus 6M и Osmocote Exact Mini 5–6M (по 1,0 кг/м³) сеянцы березы повислой были меньше по высоте стволика на 46 и 34%, по диаметру стволика у корневой шейки на 17 и 9%, по абсолютно сухой массе на 42 и 38%, чем сеянцы, полученные с использованием PG mix (1,0 кг/м³) с подкормками. Сеянцы на субстрате с Osmocote Exact Mini 5–6M показали наибольший прирост стволика на начальных этапах роста, что делает это удобрение наиболее перспективным при приготовлении субстратов. Основная заправка субстрата вышеуказанными удобрениями пролонгированного действия в количестве 1,0 кг/м³ может использоваться для получения стандартного посадочного материала березы с учетом увеличения дозы этих удобрений, смешивания с другими удобрениями или внесения подкормок с третьей декады июля, когда снижается интенсивность роста из-за недостатка макроэлементов в субстрате.

Ключевые слова: береза повислая, сеянцы, закрытая корневая система, удобрения пролонгированного действия, закрытый грунт, биометрические показатели.

Для цитирования: Татун Е. В., Носников В. В. Применение пролонгированных удобрений при выращивании сеянцев березы повислой с закрытой корневой системой // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 2 (294). С. 69–77. DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-8.

Ya. U. Tatun, V. V. Nosnikov
Belarusian State Technological University

USE OF SLOW-RELEASE FERTILIZERS IN GROWING CONTAINERIZED SILVER BIRCH SEEDLINGS

The aim of the study was to determine the degree of influence on biometric indices of annual containerized silver birch seedlings of the use of slow-release fertilizers in substrate preparation.

As a result, it was found that biometric parameters of seedlings that completed vegetation and received on the substrate with the addition of fertilizer Basacote Plus 6M in the amount of 1.5 kg/m³, exceeded by 41% in stem height, by 14% in root collar diameter, by 35% in weight in the absolutely dry state of the seedlings received on the substrate with the addition of Basacote Plus 6M in the amount of 1.0 kg/m³. Application of Basacote Plus 6M fertilizer in the dosage of 1.5–2.0 kg/m³ is enough to obtain standard planting material of silver birch. Increasing the dose from 1.5 to 2.0 kg/m³ resulted in a 14% increase in root collar diameter, but did not affect the height and weight of seedlings in absolutely dry condition.

There were no significant differences in biometric indices between the seedlings obtained at the main filling of the substrate with PG mix fertilizer (1.0 kg/m³) with foliar application and Basacote Plus 6M (1.5 kg/m³) without foliar application, while the cost of mineral fertilizers in the first case was 54% lower.

Seedlings grown on substrates with Basacote Plus 6M and Osmocote Exact Mini 5–6M (1.0 kg/m³ each) were smaller in stem height by 46 and 34%, in root collar diameter by 17 and 9%, in absolute dry weight

by 42 and 38% in comparison with seedlings where PG mix with foliar application was used for the main dressing. Seedlings on the substrate with Osmocote Exact Mini 5–6M showed the greatest stem growth at the initial stages of growth, which makes this fertilizer the most promising. Addition of the above fertilizers of prolonged substrate action in the amount of 1.0 kg/m³ can be used to obtain standard planting material of birch, taking into account increasing the dose of these fertilizers, mixing with other fertilizers or feeding from the third decade of July, when the growth intensity decreases due to the lack of macronutrients in the substrate.

Keywords: silver birch, seedlings, closed root system, prolonged-action fertilizers, greenhouse, biometric parameters.

For citation: Tatum Ya. U., Nosnikov V. V. Use of slow-release fertilizers in growing containerized silver birch seedlings. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 2 (294), pp. 69–77 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-8.

Введение. При получении сеянцев с ЗКС особое внимание должно быть уделено субстратам, так как правильно подобранный состав во многом определяет качество посадочного материала [1–7].

Исследования субстрата для получения посадочного материала березы повислой показали, что лучшей основой является чистый верховой торф или верховой торф в смеси с 20% агроперлита [5, 8]. Торф является наиболее распространенным компонентом субстрата в питомниках, однако его дефицит и высокая стоимость побуждают искать альтернативы. Одной из них может стать использование коры хвойных деревьев, смеси верхового торфа с биоуглем (biochar), компостом на основе тростника, коровьего навоза, древесных волокон, однако применимость таких составов субстратов в условиях нашей республики требует изучения [3, 6, 7, 9]. Добавление в субстрат на основе торфа песка снижает водоудерживающую способность субстрата [10]. Использование гидрогеля в приготовлении субстратов оказалось малоэффективным при выращивании березы в кассетах [11].

При приготовлении субстрата необходимо учитывать его кислотность. Для березы этот показатель не является критичным, так как она произрастает на почвах с уровнем pH от 3,7 до 6,5 [3, 12]. Не было обнаружено зависимости массы сеянцев в абсолютно сухом состоянии от pH субстрата, но возможно повреждение корней при pH ниже 3 [13, 14]. Исследования не выявили достоверных отличий во всхожести семян в диапазоне pH от 4,0 до 5,5, но незначительное уменьшение наблюдалось при pH 3,8 [15]. Для Беларуси рекомендовано использовать торф после нейтрализации доломитовой мукой до 4,0–6,5 pH [1, 16, 17]. В практике лесных питомников Финляндии для этих целей используют известняк с высоким содержанием магния (2,0 кг/м³) [18].

Важным компонентом субстратов, являются минеральные удобрения. Главным образом используются стартовые водорастворимые удобрения, однако для основной заправки могут применяться удобрения пролонгированного действия

(УПД). В производственной практике финских лесных питомников часть посадочного материала березы выращивается с использованием таких удобрений, как Nutricote и Osmocote [18]. УПД способствуют улучшению морфологических характеристик растений: высоты, диаметра стволика и биомассы, что подтверждается исследованиями на различных видах растений [19–22].

Основные преимущества УПД – это снижение потери элементов питания и риска возникновения осмотического токсического эффекта, обеспечение необходимым количеством питательных веществ растения на разных этапах роста [23, 24]. Главный недостаток таких удобрений – это высокая стоимость [23, 25].

При опросе сотрудников 73 питомников Республики Беларусь было установлено, что в субстратах для получения посадочного материала березы повислой УПД не используется.

Удобрение PG mix в смеси с другими минеральными удобрениями показало свою эффективность при получении стандартного посадочного материала березы повислой [1]. Однако исследование влияния на посадочный материал УПД в составе субстрата в сравнении со стартовыми минеральными удобрениями не проводилось. Именно это стало целью нашей опытной работы.

Основная часть. Объектами исследования являлись однолетние сеянцы березы повислой с ЗКС, полученные из семян местного происхождения в лесном питомнике Друйского лесничества (Браславский район, Витебская область, GPS 55.744314, 27.261671).

Во всех вариантах опыта для посева использовались семена березы повислой III класса качества, хранившихся в холодильнике (при $t = 4^{\circ}\text{C}$) в осенне-зимний период. Дата высева 15 мая 2024 г. В одну ячейку помещали по 3–5 семян. После их прорастания в кассетах проводилось прореживание всходов так, чтобы в каждой ячейке оставалось не более 1 сеянца. Использовались кассеты Plantek 35F, заполненные тщательно перемешанным субстратом на основе верхового торфа с фракцией 0–15, кислотностью 2,5–3,5 pH,

с добавлением доломитовой муки ($2,0 \text{ кг/м}^3$) и комплексного минерального удобрения.

В контрольном варианте опыта для приготовления субстрата использовали удобрение Yara PGmix NPK + Mg + micro (в количестве $1,0 \text{ кг/м}^3$) и подкормки 0,5–1,0%-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).

В вариантах опыта с разным составом субстрата для основной заправки использовались комплексные минеральные гранулированные УПД Basacote Plus 6M 16-8-12 (+2) в количестве 1,0, 1,5, $2,0 \text{ кг/м}^3$ и Osmocote Exact Mini 5–6M 15-9-11 в количестве $1,0 \text{ кг/м}^3$ вместо PG mix. Подкормки в этих вариантах опыта не применялись.

Для создания оптимальных условий прорастания семян и произрастания сеянцев все кассеты были размещены в теплице. Уход за сеянцами включал в себя: мелкокапельный полив 2–3 раза в день в начале вегетации, 1–2 раза в середине и конце вегетации. После 10 августа сеянцы с ЗКС содержались в условиях открытого грунта для дальнейшего доращивания и закаливания.

Степень развития структурно-функциональных органов сеянцев изучалась посредством измерения высоты надземной части 1 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 диаметра сеянцев у корневой шейки электронным штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, измерения массы в абсолютно сухом состоянии сеянцев с точностью до 0,02 г.

Обработка полученных данных проводилась в программе STATISTICA 12. Для каждого показателя вычислялись: среднее арифметическое ($\bar{X}$), стандартное квадратическое (σ) отклонения, ошибка среднего ($\pm m$), коэффициент вариации (V), коэффициент корреляции (r), значение веро-

ятности (p). Варьирование признака считалось слабым при коэффициенте вариации 0–10%, средним – при 10–20%, высоким – при 20% и более [26, с. 41–42]. Варьирование признака на высоком уровне свидетельствует о малой представительности, соответствующей средней арифметической [27, с. 17]. Сохранность сеянцев определялась, как соотношение количества выживших на конец вегетации сеянцев к количеству изначально занятых сеянцами ячеек (табл. 1, 2).

Стандартные сеянцы определялись согласно показателям, указанным в ТУ ВУ 60022689.001–2020 «Материал лесной посадочный хвойных и лиственных пород с закрытой корневой системой. Технические условия» (высота надземной части – не менее 30 см для посадочного материала березы повислой с закрытой корневой системой в возрасте 1 год полученного в условиях закрытого грунта).

Сравнительный анализ биометрических показателей сеянцев березы повислой, выращенных на субстратах с различным составом, продемонстрировал следующее: наибольшие показатели были у сеянцев в контрольном варианте опыта 1к, где для основной заправки субстрата использовалось предпосевное удобрение PG mix, а также проводились подкормки комплексными минеральными удобрениями, и в вариантах опыта 3 и 4, где сеянцы развивались на субстрате, содержащем УПД Basacote Plus 6M в дозировках 1,5 и $2,0 \text{ кг/м}^3$ соответственно. Как видно из табл. 1 и 2, средние значения высоты надземной части для опытов 1к, 3 и 4 варьировались от 461,6 до 499,3 мм, средний диаметр стволика у корневой шейки от 5,1 до 5,9 мм, а средняя масса сеянцев в абсолютно сухом состоянии от 3,17 до 3,58 г.

Достоверные различия получены у сеянцев в вариантах опыта 2 и 3. Так, высота сеянцев в варианте 3 (Basacote, $1,5 \text{ кг/м}^3$) была больше на 41% ($p = 0,00$), диаметр стволика у корневой шейки на 14% ($p = 0,00$), средняя масса сеянцев в абсолютно сухом состоянии на 35% ($p = 0,00$), чем у сеянцев в варианте опыта 2 (Basacote $1,0 \text{ кг/м}^3$).

Таблица 1

Длина стволика и диаметра стволика у корневой шейки однолетних сеянцев березы повислой, выращенных на субстратах разного состава

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	$V, \%$		
1к. PG mix + подкормка	$499,3 \pm 19,1$	–	93,6	18,7	$5,3 \pm 0,2$	–	1,0	18,6	97	91
2. Basacote, $1,0 \text{ кг/м}^3$	$271,3 \pm 10,9$	0,00	50,0	18,4	$4,4 \pm 0,2$	0,00	0,8	18,2	94	23
3. Basacote, $1,5 \text{ кг/м}^3$	$461,6 \pm 12,1$	0,65	52,9	11,5	$5,1 \pm 0,2$	0,67	0,7	13,2	94	88
4. Basacote, $2,0 \text{ кг/м}^3$	$449,2 \pm 16,1$	0,09	68,4	15,2	$5,9 \pm 0,2$	0,06	0,9	16,0	94	88
5. Osmocote, $1,0 \text{ кг/м}^3$	$330,3 \pm 12,9$	0,00	65,5	19,8	$4,8 \pm 0,1$	0,00	0,5	10,8	100	49

Примечание. 1к – контрольный опыт. Различия в средних значениях существенны при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

Таблица 2

Абсолютно сухая масса однолетних сеянцев березы повислой, выращенных на субстратах разного состава

Вариант опыта	Средние значения сухой массы сеянцев, г										Соотношение сухой массы «стволок : корень»
	Всего				Стволик			Корень			
	$X \pm m$	p	σ	$V, \%$	$X \pm m$	σ	$V, \%$	$X \pm m$	σ	$V, \%$	
1к. PG mix + подкормка	3,58 ± 0,19	–	0,70	19,6	2,19 ± 0,14	0,5	22,9	1,39 ± 0,09	0,3	22,7	1,6
2. Basacote, 1,0 кг/м³	2,07 ± 0,08	0,00	0,30	15,1	0,96 ± 0,06	0,2	23,4	1,11 ± 0,04	0,1	13,5	0,9
3. Basacote, 1,5 кг/м³	3,17 ± 0,14	0,27	0,57	18,1	1,78 ± 0,10	0,4	23,9	1,39 ± 0,09	0,4	26,1	1,3
4. Basacote, 2,0 кг/м³	3,54 ± 0,23	0,33	0,83	23,4	2,14 ± 0,15	0,6	25,5	1,40 ± 0,11	0,4	28,3	1,5
5. Osmocote, 1,0 кг/м³	2,21 ± 0,06	0,01	0,20	10,8	1,07 ± 0,05	0,2	16,6	1,14 ± 0,05	0,2	13,2	0,9

Примечание. 1к – контрольный опыт. Различия в средних значениях существенны при $p < 0,05$ (критерий знаковых рангов Уилкоксона).

Сравнение сеянцев, выращенных на субстрате с добавлением удобрения Basacote Plus 6М в количестве 1,5 и 2,0 кг/м³, выявило увеличение на 14% ($p = 0,03$) диаметра стволика у корневой шейки при увеличении основной заправки на 0,5 кг. Высота стволика ($p = 0,79$) и масса сеянцев в абсолютно сухом состоянии ($p = 0,80$) достоверно не отличались (табл. 1, 2).

Достоверные различия во всех изученных показателях были выявлены между контрольным вариантом 1к и опытами 2 и 5, где сеянцы получали на субстрате с УПД Basacote Plus 6М в количестве 1,0 кг/м³ и Osmocote Exact Mini 5–6М в количестве 1,0 кг/м³ (рис. 1). Контрольный опыт превысил варианты опытов 2 и 5 в высоте стволика на 46 и 34%, в диаметре стволика у корневой шейки на 17 и 9%, а также по абсолютно сухой массе сеянцев на 42 и 38% соответственно (табл. 1, 2).

При равном количестве УПД, добавленного в субстрат, более эффективным оказалось ис-

пользование удобрения Osmocote Exact Mini 5–6М. Сеянцы, полученные в варианте опыта 5 (с Osmocote Exact Mini 5–6М в количестве 1,0 кг/м³), превысили по показателям сеянцы из варианта опыта 2 (с Basacote Plus 6М в количестве 1,0 кг/м³) по высоте надземной части на 17% ($p = 0,00$), по диаметру стволика у корневой шейки на 8% ($p = 0,00$) и по абсолютно сухой массе на 6% ($p = 0,00$) (табл. 1, 2).

Была установлена корреляция между увеличением дозы удобрения, добавляемого в субстрат, и значениями биометрических показателей. При этом высокая положительная связь наблюдалась между увеличением добавки удобрения Basacote Plus 6М (в дозах 1,0, 1,5 и 2,0 кг) и средними значениями высоты надземной части, а также диаметром стволика у корневой шейки. Средняя положительная связь наблюдалась у массы сеянцев в абсолютно сухом состоянии со средней сухой массой стволиков (табл. 3).



Рис. 1. Однолетние сеянцы березы повислой, полученные на субстрате с добавкой PG mix в количестве 1,0 кг/м³ и подкормками (1), с Basacote Plus 6М в количестве 1,0 кг/м³ (2), с Osmocote Exact Mini 5–6М в количестве 1,0 кг/м³ (3)

Таблица 3

**Корреляционный анализ влияния увеличения количества применяемого
УПД Basacote Plus 6M на биометрические показатели сеянцев березы повислой**

Значения	Средние значения высоты надземной части	Средние значения диаметра стволика у корневой шейки	Средние значения сухой массы сеянцев		
			Всего	Стволик	Корень
<i>r</i>	0,71	0,72	0,52	0,63	0,22
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23

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

Сохранность сеянцев во всех вариантах опыта имела высокий показатель и находилась в диапазоне 94–100%. Выход стандартных сеянцев разнился сильно. Так, самый большой показатель был у вариантов опыта 1к, 3, 4 и находился в диапазоне 88–91%. У опытов 2 и 5 выход стандартных сеянцев был значительно меньше и составлял 23 и 49% соответственно, что может свидетельствовать о недостаточном количестве УПД, внесенных для основной заправки в субстрат.

Соотношение сухой массы «стволик : корень» составляет для варианта опыта 1к – 1,6, для опытов 3 и 4 – 1,3 и 1,5. У вариантов опытов 2 и 3 результат не отличался и составлял 0,9 (рис. 2). Во всех указанных вариантах опыта это соотношение меньше 2,5 и близко к оптимуму [28, с. 24].

Изученные показатели в вариантах опыта 1к–5 изменялись на среднем и высоком уровне, что указывает на неоднородный рост сеянцев. Коэффициент вариации находился в диапазоне 11,5–19,8% для значений высоты надземной части, 10,8–18,6% для диаметра стволика у корневой шейки, 10,8–23,4% для сухой массы сеянцев (табл. 1, 2).

Как показало исследование, использование для основной заправки субстрата комплексных удобрений с подкормками и УПД без подкормок в количестве 1,0 кг/м³ в разной степени повлияло на темпы роста и на прекращение ростовых процессов надземной части сеянцев. Самыми высокими начальными темпами роста обладали сеянцы в варианте опыта 5, однако темпы роста снизились и сравнялись с показателями в вариантах опыта 1к и 2 ко второй декаде июля. Это может говорить о более сбалансированном составе питательных элементов в удобрении Osmocote Exact Mini 5–6M, но недостаточном его количестве (1,0 кг/м³) для сохранения высоких темпов роста. В варианте опыта 1к высокие темпы наблюдались на протяжении всего периода роста. Конечного показателя в 99% высота стволика в варианте опыта 2 достигала в первой декаде августа, в варианте опыта 5 – в третьей декаде августа, в варианте опыта 1к – в первой декаде сентября. Более раннее прекращение роста соответствует и меньшей средней высоте сеянцев в вариантах опыта 2 и 5 после прекращения вегетации (рис. 3).

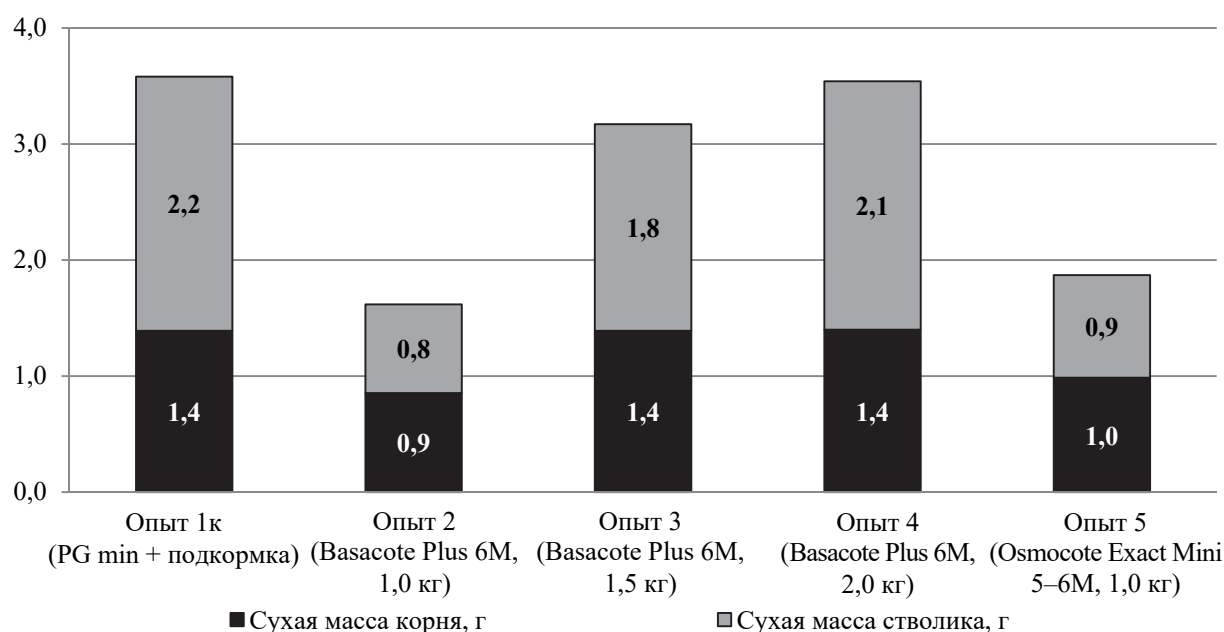


Рис. 2. Средняя сухая масса однолетних сеянцев березы повислой, выращенных на субстратах разного состава

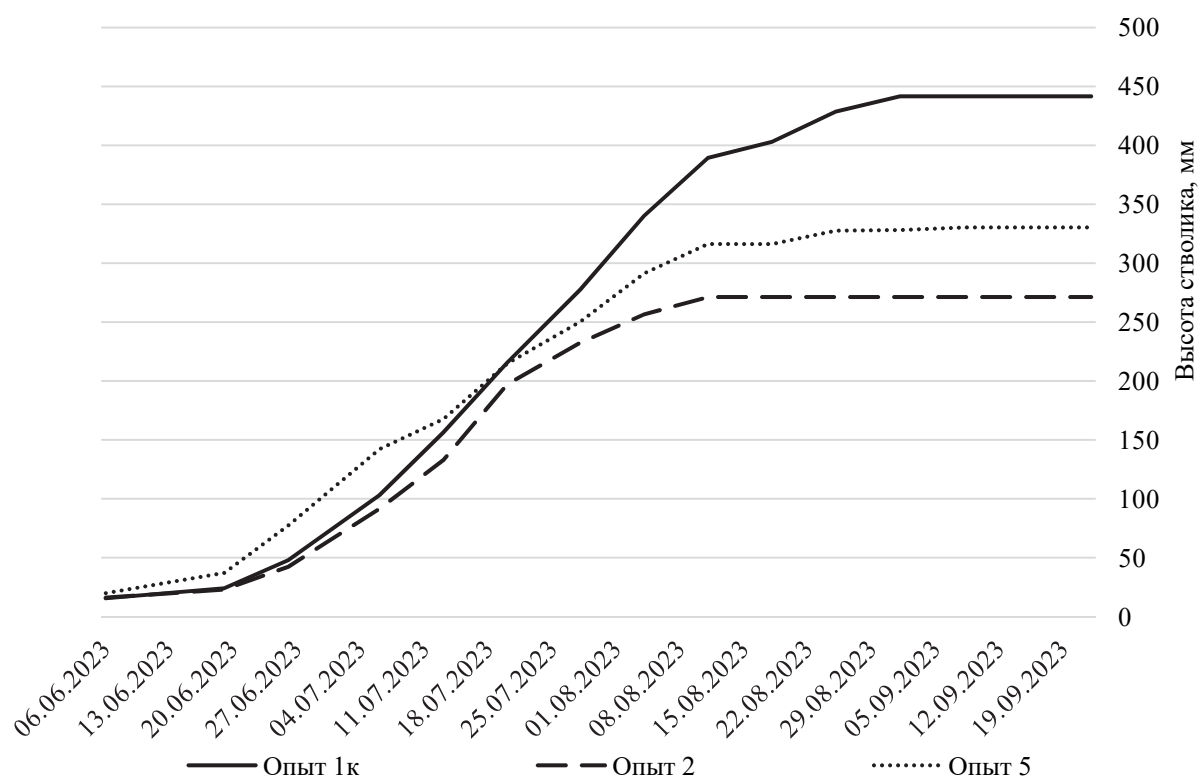


Рис. 3. Средняя высота стволика при выращивании однолетних сеянцев березы повислой на субстратах разного состава в разное время произрастания

Наше исследование показало, что основная заправка субстрата минеральным удобрением Yara PG mix в количестве 1 кг/м^3 с применением подкормок минеральными удобрениями Kristalon различных видов ($0,14 \text{ кг}$ на 1000 сеянцев) и минеральным УПД Basacote Plus 6M в количестве $1,5 \text{ кг/м}^3$ (без подкормок) для приготовления субстратов является наиболее эффективным. Как видно из табл. 4, стоимость заправки удобрения и УПД при прочих равных составляющих, разнится сильно. Так, стоимость примененного предпосевного удобрения в совокупности со

стоимостью применяемых подкормок в варианте опыта 1к на 54% меньше, чем УПД без применения подкормок в варианте опыта 3. Вклад в стоимость субстрата предпосевного удобрения в количестве $1,0 \text{ кг/м}^3$ вместе с подкормками ($0,14 \text{ кг}$ на 1000 сеянцев) составляет 70% (вариант опыта 1к), УПД в количестве $1,5 \text{ кг/м}^3$ – 90% (вариант опыта 3).

Полученные различия в сравниваемых биометрических показателях сеянцев березы повислой являются достоверными и подтверждаются статистическими значениями теста Уилкоксона (табл. 1, 2).

Таблица 4

Стоимость компонентов субстрата для производства сеянцев березы повислой с ЗКС в кассетах Plantek 35F

Вариант опыта 1к				Вариант опыта 3			
Наименование компонента	Цена за 1 кг, руб.	Объем на 1000 сеянцев, кг	Стоимость, руб.	Наименование компонента	Цена за 1 кг, руб.	Объем на 1000 сеянцев, кг	Стоимость, руб.
Yara PG mix	19,00	0,30	5,65	Basacote Plus 6M	47,70	0,45	21,26
Верховой торф фракцией 0–15, pH 2,5–3,5	0,04	75	2,67	Верховой торф фракцией 0–15, pH 2,5–3,5	0,04	75	2,67
Доломитовая мука	0,56	0,59	0,33	Доломитовая мука	0,56	0,59	0,33
Kristalon особый	17,20	0,07	1,18				
Kristalon коричневый	19,60	0,02	0,34				
Kristalon желтый	21,20	0,03	0,73				
Kristalon голубой	13,60	0,02	0,23				
Итого		76,03	11,13	Итого		76,04	24,26

Выводы. Для получения стандартного посадочного материала березы повислой при выращивании семян в условиях закрытого грунта достаточно применения для основной заправки удобрения пролонгированного действия Basacote Plus 6M в дозе 1,5–2,0 кг/м³. Увеличение дозы с 1,5 до 2,0 кг/м³ привело к 14%-ному увеличению диаметра стволика у корневой шейки, но не оказало влияния на высоту стволика и абсолютно сухую массу семян.

Не было выявлено достоверных различий в биометрических показателях между сеянцами, выращенными на субстрате с PG mix (1,0 кг/м³ + подкормки) и Basacote Plus 6M (1,5 кг/м³), при этом общая стоимость минеральных удобрений в первом случае была на 54% ниже.

Исследование показало, что сеянцы, выращенные на субстратах с Basacote Plus 6M (основная заправка 1,0 кг/м³) и Osmocote Exact Mini 5–6M (основная заправка 1,0 кг/м³), были меньше по высоте стволика на 46 и 34% соответственно,

по диаметру стволика у корневой шейки на 17 и 9%, а также по абсолютной сухой массе на 42 и 38% по сравнению с контрольным опытом, где использовалось удобрение PG mix (1,0 кг/м³) с подкормками. Сеянцы, полученные на субстрате с Osmocote Exact Mini 5–6M, показали наибольший прирост стволика на начальных этапах роста и обладали большими биометрическими показателями, что делает это удобрение наиболее перспективным для приготовления субстратов. Добавка исследуемых удобрений пролонгированного действия в количестве 1,0 кг/м³ может применяться для получения стандартного посадочного материала березы повислой при использовании их в смеси с другими удобрениями или внесении подкормок с третьей декады июля, когда, как показали исследования, снижается интенсивность ростовых процессов из-за недостаточного количества макроэлементов, содержащихся в субстрате [29].

Список литературы

1. Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой на субстратах с внесением разных доз удобрений и муки доломитовой / В. В. Носников [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2019. Вып. 79. С. 62–67.
2. Juntunen M.-L., Hammar T., Rikala R. Leaching of nitrogen and phosphorus during production of forest seedlings in containers // Journal of Environmental Quality. 2002. Vol. 31, issue 6. P. 1868–1874. DOI: 10.2134/jeq2002.1868.
3. Szabla K., Pabian R. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i technik w szkółkarstwie leśnym. Wyd. II. Warszawa: CILP, 2009. 251 s.
4. Altland J. Lime rate affects substrate pH and container-grown birch trees // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2019. Vol. 50, issue 1. P. 93–101. DOI: 10.1080/00103624.2018.1554670.
5. Memisoglu T., Tilki F. Growth of Scots pine and silver birch seedlings on different nursery container media // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2014. Vol. 42, no. 2. P. 565–572. DOI: 10.15835/nbha4229551.
6. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized Norway spruce, Scots pine, and silver birch seedlings / E. Köster [et al.] // Canadian Journal of Forest Research. 2021. Vol. 51, no. 1. P. 31–40. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0399.
7. Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatless and peat-reduced growing media / J. Heiskanen [et al.] // New Forests. 2024. Vol. 55. P. 1499–1517. DOI: 10.1007/s11056-024-10048-8.
8. Heiskanen J., Rikala R. Effect of peat-based container media on establishment of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings after transplanting in contrasting water conditions // Scand. J. For. Res. 2000. Vol. 15. P. 49–57.
9. Niemiera A. X., Wright R. D. Effect of liming rate on nitrification in a pine bark medium // Journal of the American Society for Horticultural Science. 1986. Vol. 111, no 5. P. 708–712.
10. Heiskanen J., Rikala R. Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedlings after transplanting // New Forests. 1998. Vol. 16. P. 27–42. DOI: 10.1023/A:1006583831189.
11. Birch seedling response to irrigation frequency and a hydrophilic polymer amendment in a container medium / R. R. Tripepi [et al.] // Journal of Environmental Horticulture. 1991. Vol. 9, issue 3. P. 119–123.
12. Niemiera A. X. European White Birch (*Betula pendula*) // Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. URL: http://pubs.ext.vt.edu/2901/2901-1043/2901-1043_pdf.pdf (дата обращения: 12.09.2024).
13. Rikala R., Jozefek H. J. Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings // Silva Fenn. 1990. Vol. 24. P. 323–334.
14. The effects of calcium on stem lesions of silver birch seedlings / A. Lilja [et al.] // Forest Pathology. 2007. Vol. 37. P. 96–104. DOI: 10.1111/J.1439-0329.2007.00484.X.
15. 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.
16. 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.

17. Несекрыты выращивания березы... // Лесное и охотничье хозяйство. 2023. № 5. С. 2–13.
18. Juntunen M.-L., Rikala R. Fertilization practice in Finnish forest nurseries from the standpoint of environmental impact // *New Forests*. 2001. Vol. 21. P. 141–158. DOI: 10.1023/A:1011837800185.
19. Smiderle O. J., Souza A. G., Menegatti R. Controlled-release fertilizer in the production of seedlings of *Annona cacans* Warm // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 8. P. 125–133. DOI: 10.5296/jas.v8i3.16163.
20. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* zucc. in nursery / R. E. Madrid-Aispuro [et al.] // *Forests*. 2020. Vol. 11. P. 1–13. DOI: 10.3390/f11010071.
21. Controlled-release fertilizer in cordyline spectabilis seedlings production, a potential species of the *Asparagaceae* family / D. C. Pereira de Matos [et al.] // *Floresta e Ambiente*. 2021. Vol. 28. P. 1–5. DOI: 10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0047.
22. Controlled-release fertiliser and substrates on seedling growth and quality in *Agonandra brasiliensis* in Roraima / A. G. Souza [et al.] // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 8. P. 70–80. DOI: 10.5296/jas.v8i3.16363.
23. Мухина М. Т., Боровик Р. А., Коршунов А. А. Удобрения пролонгированного действия: основные этапы и направления развития // *Плодородие*. 2021. № 4. С. 77–82.
24. Efficiency of slow release fertilizers in the production of *Eucalyptus grandis* seedlings / F. L. Cunha [et al.] // *Floresta e Ambiente*. 2021. Vol. 28. P. 1–9. DOI: 10.1590/2179-8087-floram-2021-0059.
25. Slow release fertilizers or fertigation for sugarcane and passion fruit seedlings? Agronomic performance and costs / P. C. Rosa da Silva [et al.] // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20. P. 2175–2181. DOI: 10.1007/s42729-020-00285-z.
26. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
27. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edit. New York: John Wiley and Sons, 1984. 680 p.
28. Landis D. T., Dumroese R. K., Haase D. L. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 7: Seedling processing, storage, and outplanting. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2010. 199 p.
29. Newton A. C., Pigott C. D. Mineral nutrition and mycorrhizal infection of seedling oak and birch // *New Phytologist*. 1991. Vol. 117, issue 1. P. 45–52. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1991.tb00943.x.

References

1. Nosnikov V. V., Domasevich A. A., Sokolovsky I. V., Romanchuk A. V. Growing seedlings with a closed root system on substrates with the application of different doses of fertilizers and dolomite flour. *Problemyi lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of forestry and silviculture: collection of scientific works Institute of Forests of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel, 2019, issue 79, pp. 62–67 (In Russian).
2. Juntunen M.-L., Hammar T., Rikala R. Leaching of nitrogen and phosphorus during production of forest seedlings in containers. *Journal of Environmental Quality*, 2002, vol. 31, issue 6, pp. 1868–1874. DOI: 10.2134/jeq2002.1868.
3. Szabla K., Pabian R. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i technik w szkółkarstwie leśnym. Warsaw, CILP Publ., 2009. 251 p. (In Poland).
4. Altland J. Lime rate affects substrate pH and container-grown birch trees. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, 2019, vol. 50, issue 1, pp. 93–101. DOI: 10.1080/00103624.2018.1554670.
5. Memisoglu T., Tilki F. Growth of Scots pine and silver birch seedlings on different nursery container media. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2014, vol. 42, no. 2, pp. 565–572. DOI: 10.15835/nbha4229551.
6. Köster E., Pumpanen J., Palviainen M., Zhou X., Köster K. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized Norway spruce, Scots pine, and silver birch seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 31–40. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0399.
7. Heiskanen J., Ruhanen H., Himanen K., Kivimäenpää M., Silvan N. Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatless and peat-reduced growing media. *New Forests*, 2024, vol. 55, pp. 1499–1517. DOI: 10.1007/s11056-024-10048-8.
8. Heiskanen J., Rikala R. Effect of Peat-based Container Media on Establishment of Scots Pine, Norway Spruce and Silver Birch Seedlings after Transplanting in Contrasting Water Conditions. *Scand. J. For. Res.*, 2000, vol. 15, pp. 49–57.
9. Niemiera A. X., Wright R. D. Effect of liming rate on nitrification in a pine bark medium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1986, vol. 111, no. 5, pp. 708–712.
10. Heiskanen J., Rikala R. Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedlings after transplanting. *New Forests*, 1998, vol. 16, pp. 27–42. DOI: 10.1023/A:1006583831189.
11. Tripepi R. R., George M. W., Dumroese R. K., Wenny D. L. Birch seedling response to irrigation frequency and a hydrophilic polymer amendment in a container medium. *Journal of Environmental Horticulture*, 1991, vol. 9, issue 3, pp. 119–123.

12. Niemiera A. X. European White Birch (*Betula pendula*). Available at: http://pubs.ext.vt.edu/2901/2901-1043/2901-1043_pdf.pdf (accessed 12.09.2024).
13. Rikala R., Jozefek H. J., Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. *Silva Fenn.*, 1990, vol. 24, pp. 323–334.
14. Lilja A., Luoranen J., Rikala R., Heinonen R. The effects of calcium on stem lesions of silver birch seedlings. *Forest Pathology*, 2007, vol. 37, pp. 96–104. DOI: 10.1111/J.1439-0329.2007.00484.X.
15. Tytkowski 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.
16. Yakimov N. I., Kruk N. K., Yurenka 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).
17. Not the secrets of growing birch. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo* [Forestry and hunting], 2023, no. 5, pp. 2–13 (In Russian).
18. Juntunen M.-L., Rikala R. Fertilization practice in Finnish forest nurseries from the standpoint of environmental impact. *New Forests*, 2001, vol. 21, pp. 141–158. DOI: 10.1023/A:1011837800185.
19. Smiderle O. J., Souza A. G., Menegatti R. Controlled-release fertilizer in the production of seedlings of *Annona cacans* Warm. *Journal of Animal Science*, 2020, vol. 8, pp. 125–133. DOI: 10.5296/jas.v8i3.16163.
20. Madrid-Aispuro R. E., Prieto-Ruiz J. A., Aldrete A., Hernández-Díaz J., Wehenkel C., Chávez-Simental J. A., Mexal J. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* zucc. in nursery. *Forests*, 2020, vol. 11, pp. 1–13. DOI: 10.3390/f11010071.
21. Pereira de Matos D. C., Félix F. C., Moreno Gabira M., Aguiar N. S. D., Walter L. S., Dal Forno Mastella A., Kratz D. Controlled-release fertilizer in cordyline spectabilis seedlings production, a potential species of the *Asparagaceae* family. *Floresta e Ambiente*, 2021, vol. 28, pp. 1–5. DOI: 10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0047.
22. Souza A. G., Smiderle O. J., Montenegro R. A., Moriyama T. K., Dias T. J. Controlled-release fertiliser and substrates on seedling growth and quality in *Agonandra brasiliensis* in Roraima. *Journal of Animal Science*, 2020, vol. 8, pp. 70–80. DOI: 10.5296/jas.v8i3.16363.
23. Muhina M. T., Borovik R. A., Korshunov A. A. Controlled-release fertilizer: main stages and directions of development. *Plodorodiye* [Fertility], 2021, no. 4, pp. 77–82.
24. Leite Cunha F., Nieri E., Melo L. A., Nunes Miranda E., Fernandes T. J., Venturin N. Efficiency of slow release fertilizers in the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Floresta e Ambiente*, 2021, vol. 28, pp. 1–9. DOI: 10.1590/2179-8087-floram-2021-0059.
25. Rosa da Silva P. C., Paiva P., Charlo H. C. D. O., Coelho V. P. M. Slow release fertilizers or fertigation for sugarcane and passion fruit seedlings? Agronomic performance and costs. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2020, vol. 20, pp. 2175–2181. DOI: 10.1007/s42729-020-00285-z.
26. Zaitsev G. N. *Metodika biometricheskikh 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. Landis D. T., Dumroese R. K., Haase D. L. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 7: Seedling processing, storage, and outplanting. Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2010. 199 p.
29. Newton A. C., Pigott C. D. Mineral nutrition and mycorrhizal infection of seedling oak and birch. *New Phytologist*, 1991, vol. 117, issue 1, pp. 45–52. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1991.tb00943.x.

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 14.03.2025